# RISPARMIO ENERGETICO NELLA CASA

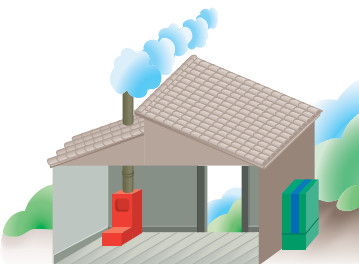
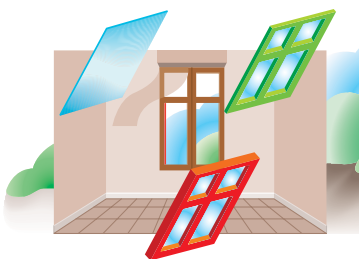
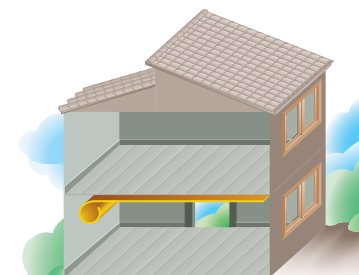
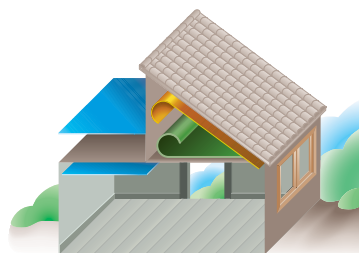
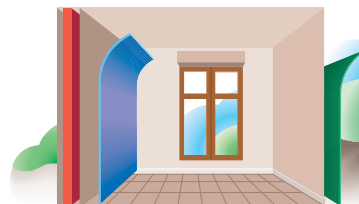
L'energia consumata per il riscaldamento e per l'acqua calda sanitaria nell'edilizia residenziale, rappresenta circa il 15% dei consumi energetici nazionali.

Intraprendere dei lavori di risparmio energetico

- **significa consumare meno energia e ridurre subito le spese di riscaldamento;**
- **significa migliorare l'appartamento accrescendo il suo comfort;**
- **significa partecipare allo sforzo nazionale per ridurre sensibilmente i consumi di combustibile da fonte esauribile;**
- **significa proteggere l'ambiente e contribuire alla riduzione dell'inquinamento.**

Per raggiungere questi obiettivi si sono avviati, in questi ultimi anni, vari programmi rivolti ad un uso razionale dell'energia negli edifici; tali programmi prevedono sia migliori criteri di progettazione nelle nuove costruzioni, più attenti all'aspetto energetico, sia interventi di contenimento dei consumi sul patrimonio edilizio esistente.

Al fine di attuare interventi di risparmio energetico l'ENEA ci propone questo opuscolo che contiene semplici informazioni per ottenere una riduzione dei consumi energetici nei nostri appartamenti.
Possiamo dunque applicare alcuni suggerimenti per migliorare il comfort del nostro appartamento e per ridurre i costi di riscaldamento, tenendo però presente che alcuni interventi devono essere effettuati con cura, previa consultazione di un tecnico specializzato.
Se poi dobbiamo intervenire sull'edificio per lavori di manutenzione ordinaria siamo nella situazione più favorevole per operare anche un risparmio energetico.

**SE INTERVENIAMO OGGI, LE NOSTRE SPESE DI RISCALDAMENTO SICURAMENTE DIMINUIRANNO**
I nostri alloggi sprecano quotidianamente molta energia e le nostre bollette continuano ad aumentare.
Perché non fare qualcosa contro questo spreco di energia visto che sappiamo da cosa è provocato ed anche come controllarlo e frenarlo?
Di tutta l'energia utilizzata in una stagione per riscaldare a 20°C un edificio, una buona parte viene dispersa dalle strutture (tetto, muri, finestre) ed una parte dall'impianto; sul consumo totale di combustibile usato per riscaldare il nostro edificio, si può risparmiare anche il 40% fin dal 1° anno.

# INTERVENIAMO SUL NOSTRO APPARTAMENTO O SUL NOSTRO EDIFICIO PER ECONOMIZZARE ENERGIA

Per risparmiare tanto combustibile ogni anno dobbiamo intervenire sul nostro appartamento e/o sul nostro immobile:

- **ridurre le dispersioni di calore attraverso le pareti e il tetto della casa;**
- **limitare le fughe di aria calda dalle finestre;**
- **abbassare la temperatura degli ambienti e nei locali non utilizzati;**
- **sfruttare al meglio l'energia contenuta nel combustibile regolando bene l'impianto di riscaldamento;**
- **tutto questo significa spendere del denaro; ma questo investimento, a sua volta, porta ad un risparmio immediato sulle nostre bollette. Occorre solo decidere di sostenere queste spese.**

**Proponiamo questi interventi nelle riunioni di condominio, per il miglioramento di tutto l'immobile, oppure affrontiamo il problema del risparmio energetico da soli, nel nostro appartamento:
sicuramente migliorerà il nostro comfort.**

**Attualmente è uno dei migliori investimenti che possiamo fare anche perché:**

## Chi risparmia energia guadagna in benessere!

# INCOMINCIAMO SUBITO AD ESEGUIRE SUL NOSTRO ALLOGGIO GLI INTERVENTI PIÙ CONVENIENTI

L'ENEA ha attribuito a ciascun intervento di risparmio energetico dei valori indicativi che potranno guidarci nelle scelte dei lavori da intraprendere. Tenendo conto del prezzo del combustibile, del costo medio di ogni materiale impiegato e delle economie di energia ottenute, l'ENEA ha calcolato, per l'investimento, dei Punti di convenienza.

**PUNTI DI CONVENIENZA**

| TEMPO DI RIMBORSO DELL'INVESTIMENTO | PUNTI DI CONVENIENZA |
|---|---|
| **Meno di 2 anni** | ● ● ● ● ● |
| **Meno di 4 anni** | ● ● ● ● |
| **Meno di 6 anni e mezzo** | ● ● ● |
| **Meno di 12 anni** | ● ● |
| **Più di 12 anni** | ● |

Valutando i Punti di convenienza e i risparmi di energia dovuti a ciascun intervento esaminato, potremo scegliere le soluzioni più idonee da adottare.

In questo opuscolo l'ENEA ha selezionato alcuni interventi di risparmio energetico dei quali vengono indicati:

- gli spessori ottimali (quando si tratta di materiali isolanti);
- i costi medi del materiale;
- i costi medi della posa in opera;
- i risparmi annuali in % di combustibile;

oltre a:

- consigli sulla convenienza, o meno, ad eseguire l'intervento di risparmio energetico;
- la possibilità del "fai da te".

I prezzi sono indicativi e riferiti al 2° semestre 1995 e possono variare da Regione a Regione in funzione del tipo di materiale impiegato, delle tecniche utilizzate nell'eseguire l'intervento, ecc... Pertanto i costi relativi ai diversi interventi corrispondono agli attuali prezzi dei casi più comuni.
Le cifre fornite servono principalmente per confrontare le spese di investimento e le economie di energia di ogni intervento.
Per non appesantire la trattazione, nelle tabelle dei singoli interventi non sono stati presi in esame tutti i possibili materiali utilizzabili ma solo alcuni esempi di applicazioni più comuni. In ogni caso, con le scelte fatte, non si è inteso esprimere alcun giudizio sulla validità tecnico-commerciale dei prodotti presi o meno in considerazione.
Una tabella, all'interno dell'opuscolo, contiene ulteriori suggerimenti per l'applicazione di altri materiali isolanti nei diversi interventi.



Le PAGINE GIALLE saranno, inoltre, d'aiuto per chiedere diversi preventivi a fornitori ed installatori prima di effettuare gli interventi.
Tutti i valori contenuti nell'opuscolo sono stati valutati su un edificio-tipo, pluripiano, che necessita di lavori di manutenzione delle facciate e della copertura.

**PER CONSULTARE L'OPUSCOLO**
Identifichiamo prima di tutto la nostra zona climatica, aiutandoci con l'elenco delle città riportate nelle ultime pagine (per le località mancanti fare riferimento al capoluogo di provincia, o meglio, alla località vicina con caratteristiche climatiche simili a quella nella quale è sito l'edificio da risanare) e leggiamo, nelle rispettive tabelle, tutte le cifre che ci serviranno a valutare l'opportunità del nostro intervento di risparmio energetico.
Valutiamo anche la possibilità del "fai da te" tenendo presente il grado di difficoltà di ogni intervento e ricordando di seguire con attenzione i suggerimenti contenuti nella documentazione tecnica edita dai produttori, al fine di eseguire correttamente l'intervento. Un intervento di risanamento energetico mal eseguito, generalmente ha una durata limitata ed è poco efficace ai fini del risparmio e del comfort.

**FAI DA TE GRADO DI DIFFICOLTÀ**

| | |
|---|---|
| **Facile** | ■ ■ ■ |
| **Media difficoltà** | ■ ■ |
| **Difficile** | ■ |

Le percentuali di risparmio energetico attribuite ai diversi interventi sono indicative e non sempre direttamente cumulabili. Qualora si ravvisi l'opportunità di effettuare più interventi su uno stesso edificio, la percentuale di risparmio energetico totale potrà essere leggermente inferiore alla somma algebrica dei singoli valori.

# PROPRIETARI, AFFITTUARI, CONDOMINI: SIAMO TUTTI INTERESSATI AD INTERVENIRE

**SE ABITIAMO IN UN EDIFICIO COSTRUITO DOPO IL 1977**
L'edificio deve rispettare la normativa sul contenimento dei consumi energetici (legge n. 373/76, legge n. 10/91) che impone di ridurre le dispersioni di calore. La nostra casa, pertanto, dovrebbe essere ben isolata. Se abbiamo qualche dubbio, richiediamo al Comune la copia della relazione tecnica depositata, a suo tempo, dal progettista. Nella realizzazione della nostra casa devono essere stati rispettati dal costruttore gli spessori di isolamento e i tipi di materiale e di infissi previsti nella relazione. Potremo comunque richiedere al Comune di effettuare, a nostre spese, un controllo.

**SE ABITIAMO IN UN CONDOMINIO CON RISCALDAMENTO CENTRALIZZATO**
Da oggi non si può più dire: "non è possibile fare niente per risparmiare energia perché ho il riscaldamento centralizzato"; sia come proprietari che come affittuari, siamo direttamente interessati al riscaldamento del nostro immobile poiché i costi vengono ripartiti fra tutti gli in-

quilini, pertanto possiamo, anzi, dobbiamo intervenire per ridurre i consumi energetici del nostro stabile.
Generalmente sono gli inquilini del primo e dell'ultimo piano che si lamentano per il troppo freddo. Ecco, allora, che si aumenta il riscaldamento per assicurare loro il dovuto comfort. Questo provvedimento, però, non fa altro che aumentare lo spreco di combustibile e di denaro. La decisione più giusta da prendere è quella di effettuare un risanamento energetico dell'edificio; ottenere una temperatura uniforme in tutto il fabbricato significa risparmio di energia e benessere per tutti.

### SE SIAMO COMPROPRIETARI LA DECISIONE PUÒ ESSERE PRESA COLLETTIVAMENTE

Ogni intervento che contribuisce a dei risparmi di energia nel nostro edificio incide in modo rilevante ed immediato sulle nostre bollette del riscaldamento.
Dunque siamo noi che, insieme agli altri proprietari del nostro edificio, dobbiamo prendere la decisione per intraprendere dei lavori di risparmio energetico.
Tutti possiamo proporre questi interventi nella riunione di condominio: per l'attuazione sono valide le decisioni prese a maggioranza delle quote millesimali.

### SE SIAMO LOCATORI DI UN IMMOBILE

Interveniamo sul nostro edificio con lo scopo di ridurre le spese di riscaldamento. In effetti, anche se non otterremo un beneficio diretto dai lavori che realizzeremo, poiché sono i nostri inquilini (affittuari) che ne godranno i vantaggi e constateranno una riduzione delle spese di riscaldamento sulle loro bollette, il nostro immobile acquisterà, in ogni caso, più valore. La legge 10/91, infatti, prevede che ogni abitazione sarà, in un prossimo futuro sottoposta alla certificazione energetica: utilizzando una procedura comune all'intera Europa, un tecnico qualificato tradurrà pregi e difetti dell'alloggio ai fini del risparmio energetico in un vero e proprio voto, che dovrà comparire sui contratti di vendita e di affitto.

## NON RISCALDIAMO IL CORTILE

Un alloggio confortevole è un alloggio correttamente riscaldato. Un edificio mal isolato fa aumentare le spese di riscaldamento di tutti gli inquilini, pertanto è molto importante eliminare le dispersioni di calore con un accurato isolamento.

Le spese di riscaldamento, infatti, non dipendono solo dal volume da riscaldare, dal clima e dalla temperatura mantenuta all'interno dell'appartamento, ma anche dell'entità delle dispersioni di calore attraverso le pareti, i solai, i tetti.

Coibentare le pareti di un edificio significa aggiungere uno strato di materiale isolante: mettiamo un cappotto all'edificio!

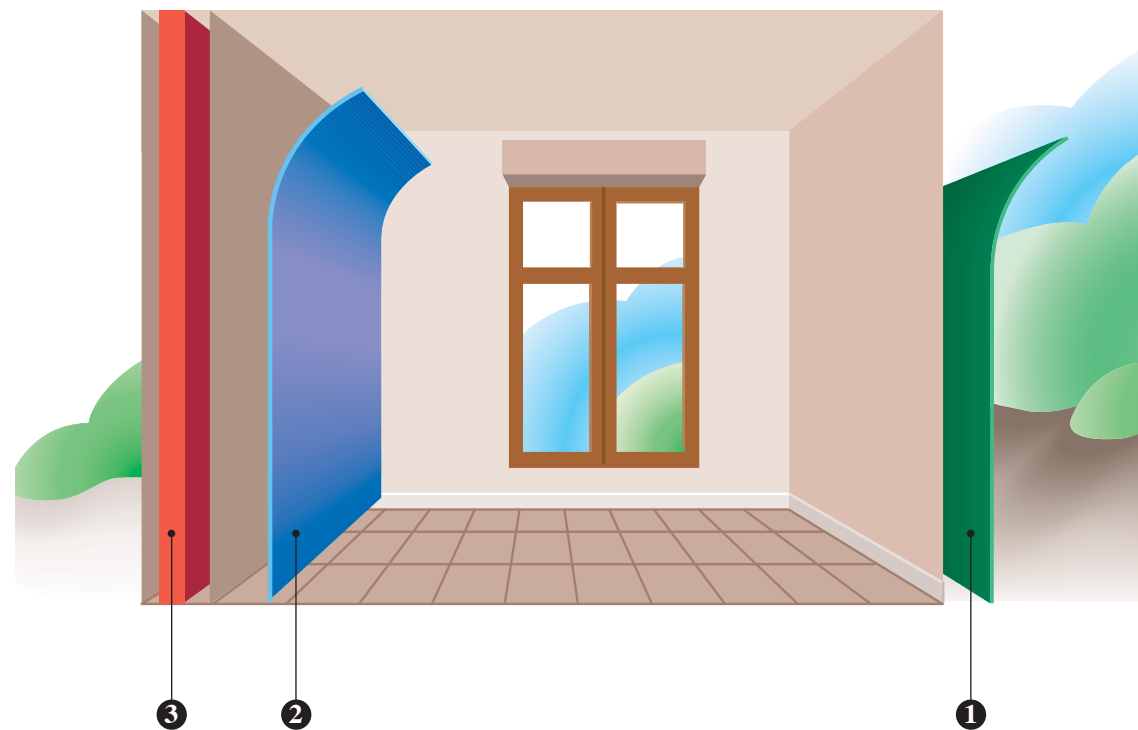
### ISOLAMENTO DELLE PARETI ESTERNE

L'isolamento dei muri può essere realizzato dall'interno, dall'esterno o nell'intercapedine. Tutti e tre i sistemi presentano dei vantaggi: la scelta dell'intervento da adottare dipenderà dallo stato di degrado dell'edificio e dalla somma di denaro disponibile per la sua realizzazione.

❶ **Isolamento dall'esterno**
È senza dubbio la soluzione più efficace per isolare bene un edificio. In particolare è molto conveniente quando è comunque previsto un rifacimento della facciata.
Per questo particolare tipo di intervento si consiglia di affidarsi ad un'impresa esperta.

❷ **Isolamento dall'interno**
È un metodo non eccessivamente costoso che può essere realizzato anche "da soli". Provoca, però, una leggera diminuzione dello spazio abitabile e può necessitare della rimozione dei radiatori, delle prese e degli interruttori elettrici.

❸ **Isolamento nell'intercapedine**
Quando la parete contiene un'intercapedine è possibile riempirla con degli opportuni materiali isolanti. La spesa è modesta e l'intervento è conveniente.

Per conseguire un effettivo risparmio energetico, ad ogni intervento di isolamento deve corrispondere una nuova regolazione dell'impianto di riscaldamento. Viceversa si rischia di surriscaldare l'edificio, perdendo i risparmi energetici ed economici apportati dall'intervento.

**Esempi di interventi:**
vedi tabella ISOLAMENTO DELLE PARETI ESTERNE nelle pagine 10 e 11

# NON RISCALDIAMO LA LUNA

## ISOLAMENTO DELLE COPERTURE

Tra tutte le superfici esterne di un edificio, spesso il tetto è l'elemento che disperde più calore. Isolarlo non è difficile e nella maggior parte dei casi, relativamente poco costoso.

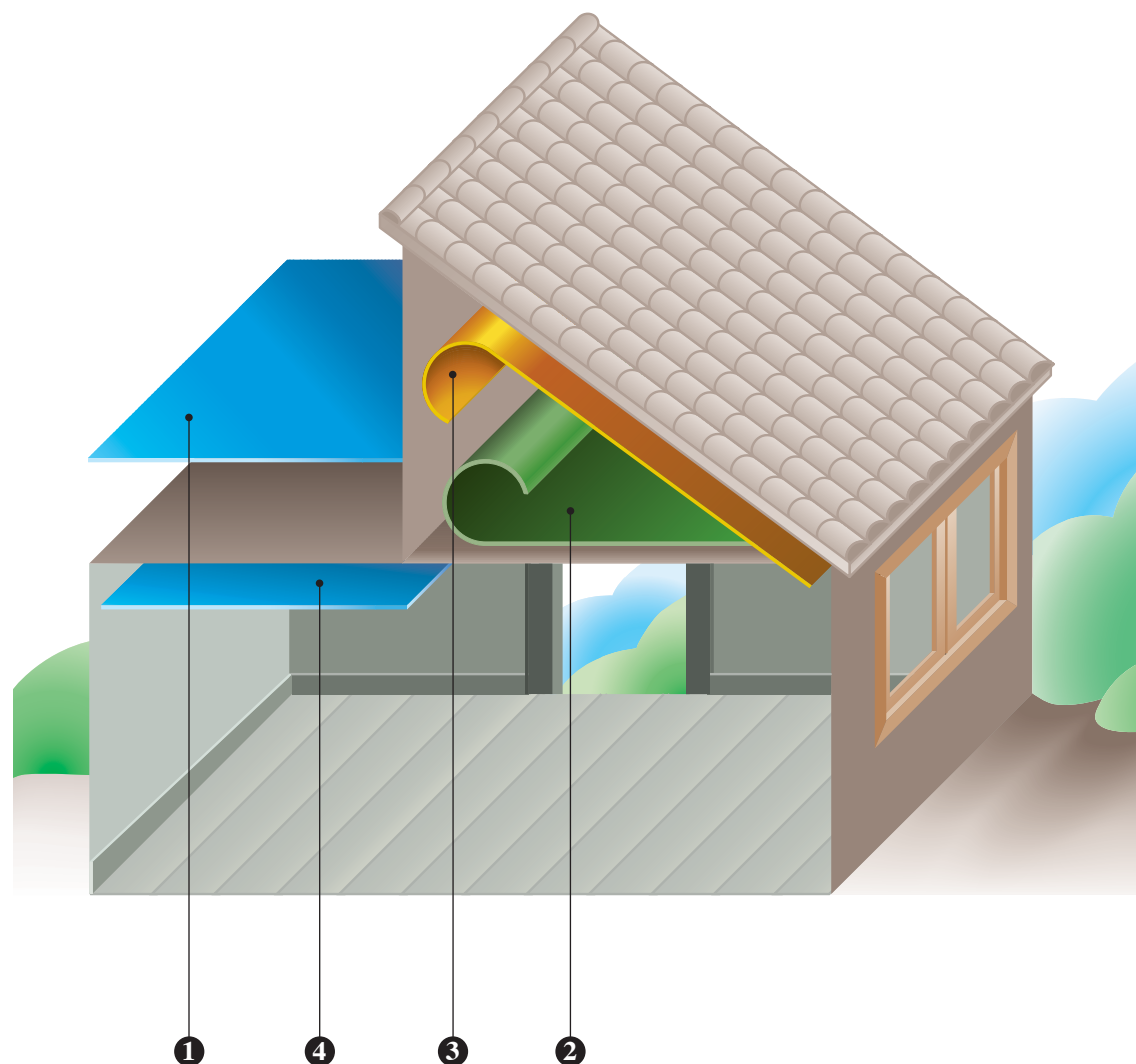
La convenienza dell'intervento aumenta quando comunque si deve intervenire sulla copertura perché è degradata.
Se la copertura non è mai stata isolata è consigliabile intervenire immediatamente.

Se la copertura è stata isolata da più di 10 anni è consigliabile verificare lo stato dell'isolante: deve essere perfettamente asciutto, non lacerato, coprire tutta la superficie del tetto ed aver conservato il suo spessore iniziale. Nel caso contrario è meglio provvedere ad un nuovo isolamento.

❶ **Copertura piana**
È un intervento estremamente delicato perché necessita di un'accurata impermeabilizzazione e, se il tetto è praticabile, di un'adeguata pavimentazione si consiglia, pertanto, di rivolgersi a personale esperto.

❷ **Sottotetto non praticabile**
Conviene posare l'isolante sul pavimento del sottotetto; isolare la parte inclinata porterebbe solo a riscaldare inutilmente il volume del sottotetto con il calore che sale dagli ambienti sottostanti.

❸ **Sottotetto praticabile**
Si deve fissare l'isolante parallelamente alla pendenza del tetto, se si vuole ottenere un ambiente confortevole ed abitabile. Se invece il sottotetto è usato solo come locale di sgombero conviene realizzare l'isolamento a pavimento.

❹ **Soffitto ultimo piano**
È un intervento di facile attuazione che, generalmente, non richiede decisioni condominiali. Si deve posare, dall'interno, l'isolante sul soffitto dell'ambiente dell'ultimo piano.

Importante è anche non dimenticare di regolare l'impianto di riscaldamento dopo aver effettuato l'intervento di risparmio energetico.

**Esempi di interventi:**
vedi tabella ISOLAMENTO DELLE COPERTURE nella pagina seguente

ESEMPI DI INTERVENTI

## ISOLAMENTO DELLE PARETI ESTERNE

| | | | | ZONA CLIMATICA 1 | | | | | ZONA CLIMATICA 2 | | | | | ZONA CLIMATICA 3 | | | | | ZONA CLIMATICA 4 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | FAI DA TE | SPESSORE CM | COSTO INDICATIVO MATERIALE €/m² | COSTO INDICATIVO POSA IN OPERA €/m² | RISPARMIO ENERGETICO % | CONVENIENZA | SPESSORE CM | COSTO INDICATIVO MATERIALE €/m² | COSTO INDICATIVO POSA IN OPERA €/m² | RISPARMIO ENERGETICO % | CONVENIENZA | SPESSORE CM | COSTO INDICATIVO MATERIALE €/m² | COSTO INDICATIVO POSA IN OPERA €/m² | RISPARMIO ENERGETICO % | CONVENIENZA | SPESSORE CM | COSTO INDICATIVO MATERIALE €/m² | COSTO INDICATIVO POSA IN OPERA €/m² | RISPARMIO ENERGETICO % | CONVENIENZA |
| **IN MURATURA PIENA** | ISOLAMENTO DALL'ESTERNO (CAPPOTTO) | POLISTIRENE | NO | 4 | 4,00 | 20,60 | 20-25 | ● | 6 | 6,20 | 20,50 | 20-25 | ●● | 8 | 8,30 | 22,70 | 20-25 | ●● | 8 | 8,30 | 22,70 | 20-25 | ●●● |
| | ISOLAMENTO DALL'INTERNO | POLISTIRENE + CARTONGESSO | SI ■■ | 3+1 | 6,70 | 15,50 | 20-25 | ● | 3+1 | 6,70 | 15,50 | 20-25 | ●● | 3+1 | 6,70 | 15,50 | 20-25 | ●● | 3+1 | 6,70 | 15,50 | 20-25 | ●●●● |
| **CON INTERCAPEDINE** | ISOLAMENTO DALL'ESTERNO (CAPPOTTO) | FIBRE DI VETRO | NO | 4 | 6,20 | 20,00 | 10-15 | ● | 6 | 9,30 | 20,60 | 10-15 | ● | 8 | 12,40 | 22,70 | 10-15 | ●● | 8 | 12,40 | 22,70 | 10-15 | ●● |
| | ISOLAMENTO DALL'INTERNO | FIBRE DI VETRO + CARTONGESSO | SI ■■ | 3+1 | 8,30 | 15,50 | 10-15 | ● | 3+1 | 8,30 | 15,50 | 10-15 | ●● | 3+1 | 8,30 | 15,50 | 10-15 | ●● | 3+1 | 8,30 | 15,50 | 10-15 | ●●● |
| | ISOLAMENTO NELLA INTERCAPEDINE | VERMICULITE | NO | 10 | 6,70 | 10,31 | 20-25 | ● | 10 | 6,70 | 10,31 | 20-25 | ●● | 10 | 6,70 | 10,31 | 20-25 | ●●● | 10 | 6,70 | 10,31 | 20-25 | ●●●● |

**N.B.** I prezzi della posa in opera comprendono anche i costi di completamento dell'intervento (es.: la rifinitura della facciata, delle pareti, ecc.). Resta escluso il costo di eventuali ponteggi e la preparazione della parete.

ESEMPI DI INTERVENTI

## ISOLAMENTO DELLE COPERTURE

| | | | | ZONA CLIMATICA 1 | | | | | ZONA CLIMATICA 2 | | | | | ZONA CLIMATICA 3 | | | | | ZONA CLIMATICA 4 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | FAI DA TE | SPESSORE CM | COSTO INDICATIVO MATERIALE €/m² | COSTO INDICATIVO POSA IN OPERA €/m² | RISPARMIO ENERGETICO % | CONVENIENZA | SPESSORE CM | COSTO INDICATIVO MATERIALE €/m² | COSTO INDICATIVO POSA IN OPERA €/m² | RISPARMIO ENERGETICO % | CONVENIENZA | SPESSORE CM | COSTO INDICATIVO MATERIALE €/m² | COSTO INDICATIVO POSA IN OPERA €/m² | RISPARMIO ENERGETICO % | CONVENIENZA | SPESSORE CM | COSTO INDICATIVO MATERIALE €/m² | COSTO INDICATIVO POSA IN OPERA €/m² | RISPARMIO ENERGETICO % | CONVENIENZA |
| **COPERTURA PIANA** | NON PRATICABILE | LANA DI ROCCIA | NO | 4 | 5,16 | 15,50 | 15-20 | ●● | 6 | 7,74 | 15,50 | 15-20 | ●● | 8 | 10,33 | 16,52 | 15-20 | ●●● | 8 | 10,33 | 16,52 | 15-20 | ●●● |
| | PRATICABILE | POLISTIRENE ESTRUSO | NO | 4 | 6,20 | 41,31 | 15-20 | ● | 4 | 6,20 | 41,31 | 15-20 | ● | 6 | 9,30 | 43,90 | 15-20 | ● | 6 | 9,30 | 43,90 | 15-20 | ●● |
| | PRATICABILE | POLIURETANO | NO | 4 | 6,20 | 41,31 | 15-20 | ● | 4 | 6,20 | 41,31 | 15-20 | ● | 6 | 9,30 | 43,90 | 15-20 | ● | 6 | 9,30 | 43,90 | 15-20 | ●● |
| **SOTTOTETTO** | NON PRATICABILE | FIBRA DI VETRO | SI ■■■ | 8 | 4,13 | 2,06 | 10-15 | ●● | 10 | 5,16 | 2,06 | 10-15 | ●●●● | 12 | 6,20 | 2,06 | 10-15 | ●●●● | 12 | 6,20 | 2,06 | 10-15 | ●●●● |
| | PRATICABILE NON ABITATO | ARGILLA ESPANSA | SI ■■■ | 10 | 4,13 | 2,06 | 10-15 | ●● | 10 | 4,13 | 2,06 | 10-15 | ●●● | 10 | 4,13 | 2,06 | 10-15 | ●●●● | 10 | 4,13 | 2,06 | 10-15 | ●●●● |
| | ABITATO | POLISTIRENE + CARTONGESSO | NO | 3+1 | 7,23 | 16,52 | 15-20 | ●● | 3+1 | 7,23 | 16,52 | 15-20 | ●● | 3+1 | 7,23 | 16,52 | 15-20 | ●● | 3+1 | 7,23 | 16,52 | 15-20 | ●●● |
| **SOFFITTO ULTIMO PIANO** | | LANA DI VETRO + CARTONGESSO | NO | 2+1 | 7,23 | 16,52 | 15-20 | ●● | 2+1 | 7,23 | 16,52 | 15-20 | ●● | 2+1 | 7,23 | 16,52 | 15-20 | ●● | 2+1 | 7,23 | 16,52 | 15-20 | ●●● |

**N.B.** I prezzi della posa in opera comprendono anche i costi di completamento dell'intervento (es.: impermeabilizzazioni e pavimentazioni sulle terrazze, ecc.). Resta escluso il costo di eventuali ponteggi.

# NON RISCALDIAMO DOVE NON VIVIAMO

**ISOLAMENTO DI SOLAI**
**SU LOCALI NON RISCALDATI**

Gli appartamenti siti sopra porticati sovente disperdono il loro calore attraverso il pavimento essendo a diretto contatto con l'ambiente esterno più freddo.

Anche le cantine ed i garage beneficiano inutilmente degli apporti di calore provenienti dai locali superiori abitati e riscaldati. Per evitare questi inconvenienti basta isolare il soffitto dei locali non riscaldati e dei porticati.

La tabella suggerisce gli spessori dei materiali isolanti necessari per intervenire adeguatamente.

Ricordiamo sempre che per conseguire un effettivo risparmio energetico, ad ogni intervento di isolamento deve corrispondere una nuova regolazione dell'impianto di riscaldamento.

In caso contrario, si ottiene solo un aumento della temperatura dell'appartamento senza altri benefici.

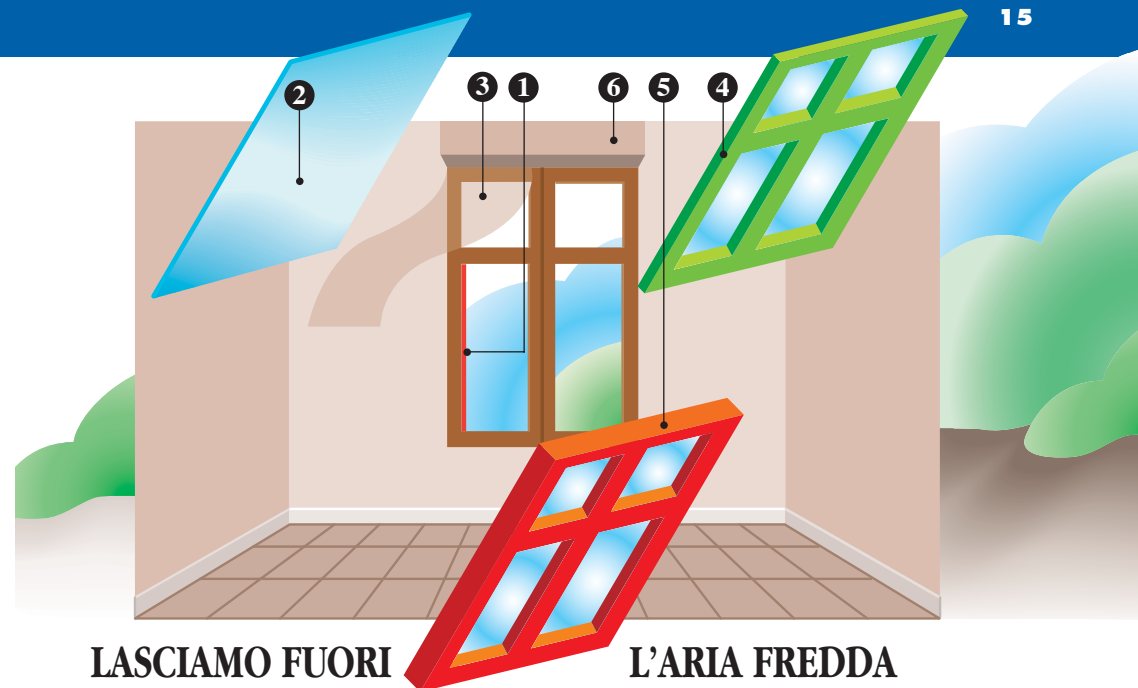
| ESEMPI DI INTERVENTI | | | ZONA CLIMATICA 1 | | | | | ZONA CLIMATICA 2 | | | | | ZONA CLIMATICA 3 | | | | | ZONA CLIMATICA 4 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ISOLAMENTO DEI SOLAI INFERIORI** | | FAI DA TE | SPESSORE CM | COSTO INDICATIVO MATERIALE €/m² | COSTO INDICATIVO POSA IN OPERA €/m² | RISPARMIO ENERGETICO % | CONVENIENZA | SPESSORE CM | COSTO INDICATIVO MATERIALE €/m² | COSTO INDICATIVO POSA IN OPERA €/m² | RISPARMIO ENERGETICO % | CONVENIENZA | SPESSORE CM | COSTO INDICATIVO MATERIALE €/m² | COSTO INDICATIVO POSA IN OPERA €/m² | RISPARMIO ENERGETICO % | CONVENIENZA | SPESSORE CM | COSTO INDICATIVO MATERIALE €/m² | COSTO INDICATIVO POSA IN OPERA €/m² | RISPARMIO ENERGETICO % | CONVENIENZA |
| **SU LOCALI NON RISCALDATI** | POLISTIRENE NON RIVESTITO | SI ■■■ | 4 | 4,13 | 4,13 | 5 / 10 | ● | 6 | 6,20 | 5,16 | 5 / 10 | ● | 6 | 6,20 | 5,16 | 5 / 10 | ●● | 6 | 6,20 | 5,16 | 5 / 10 | ●●● |
| **SU PORTICATI** | LANA DI ROCCIA PREINTONACATA | NO | 4 | 6,70 | 18,60 | 10 / 15 | ● | 6 | 9,30 | 18,60 | 10 / 15 | ●● | 6 | 9,30 | 18,60 | 10 / 15 | ●●● | 6 | 9,30 | 18,60 | 10 / 15 | ●●● |

**N.B.** I prezzi della posa in opera comprendono anche i costi di completamento dell'intervento (es.: la rifinitura dei soffitti). Resta escluso il costo di eventuali ponteggi e la preparazione della parete.

# SCEGLIAMO L'ISOLANTE

Nella tabella sono elencati alcuni dei materiali più comunemente usati per interventi di risparmio energetico su edifici esistenti.
Altri materiali isolanti che non compaiono nella tabella sono reperibili in commercio ed ugualmente impiegabili negli interventi citati nell'opuscolo.

| MATERIALI ISOLANTI | PARETI ESTERNE | | | SOLAI INFERIORI | | COPERTURE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | PIANE | | SOTTOTETTO | | | |
| | isolamento esterno | isolamento intercapedine | isolamento interno | su porticati | su locali non riscaldati | non praticabile | praticabile | non praticabile | praticabile non abitato | abitato | soffitto ultimo piano |
| **feltri** | | | | | | | | | | | |
| fibra di vetro | | | | | | | | ■ | | | |
| fibra di roccia | | | | | | | | ■ | | | |
| **pannelli** | | | | | | | | | | | |
| fibra di vetro | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| fibra di roccia | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| polistirene | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| polistirene estruso | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | TR | | ■ | ■ | ■ |
| sughero | ■ | | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ | | ■ | ■ |
| poliuretano p.l.r. o p.i.r. | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | TR | | ■ | ■ | ■ |
| polivinile | ■ | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ |
| resine fenoliche | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ |
| legno truciolare | | | ■ | ■ | ■ | | | | | ■ | ■ |
| vetro cellulare | ■ | | | ■ | ■ | | ■ | | | ■ | ■ |
| calcio silicato | | | ■ | | | | | | | | ■ |
| **sfusi** | | | | | | | | | | | |
| argilla espansa | I | S | | | | | B | S | B | | |
| vermiculite | I | S | | | | | B | S | B | | |
| perlite | | S | | | | | B | S | B | | |
| polistirene | I | S | | | | | B | | B | | |
| pomice | | | | | | | B | S | B | | |
| sughero | | S | | | | | | | B | | |
| fibre di cellulosa | | S | | | | | | | | | |
| noduli fibre di vetro | | S | | | | | | | | | |
| noduli fibre di roccia | | S | | | | | | | | | |
| **schiumati** | | | | | | | | | | | |
| resine ureiche espanse | | ■ | | | | | | | | | |
| poliuretano espanso | | ■ | | | | | | | | | |

**LEGENDA** I Intonaco S Materiale sfuso B Betoncino TR Tetto Rovescio



# LASCIAMO FUORI L'ARIA FREDDA

**CONTROLLIAMO LE DISPERSIONI DI CALORE ATTRAVERSO LE FINESTRE**

Anche se sono già stati effettuati interventi di risparmio energetico sulle parti murarie dell'edificio, il calore può continuare ad uscire dalle finestre attraverso i vetri ed il cassonetto e l'aria fredda ad entrare attraverso le fessure. È quindi indispensabile migliorare la tenuta all'aria dei serramenti e ridurre le dispersioni di calore attraverso i vetri ed il cassonetto.
Ciò non significa sigillare la casa: un'eccessiva impermeabilità all'aria crea, infatti, problemi di muffe e condense; un'adeguata ventilazione risolve questi inconvenienti e consente di raggiungere il livello di comfort ottimale.
Tutti gli interventi qui proposti hanno un'elevata convenienza ed inoltre alcuni di essi possiamo realizzarli da soli, senza l'intervento di personale specializzato.
Anche in questo caso bloccare l'aumento della spesa per il riscaldamento e migliorare il nostro comfort è semplice e costa poco!

**ELIMINIAMO LE INFILTRAZIONI**

Le infiltrazioni provenienti dalle finestre provocano dei rinnovi d'aria eccessivi, con relative dispersioni di calore. Occorre dunque ridurle!
Esistono sul mercato diversi prodotti:

❶ **Le guarnizioni** per serramenti (in gomma, alluminio, ecc.) di semplice messa in opera;
Il silicone di facile impiego;
Entrambi portano ad un risparmio di energia immediato e costano poco!

**ISOLIAMO LE SUPERFICI VETRATE**

Quando le nostre finestre hanno un solo vetro possiamo:

❷ **Inserire un altro sul medesimo infisso,** ottenendo così un doppio vetro;

❸ **Applicare tendaggi pesanti davanti alle finestre** (non davanti ai termosifoni!);

**❹ Aggiungere un secondo serramento dietro o davanti al vecchio;**

**❺ Sostituire tutto il serramento con un altro già predisposto con vetrocamera.** La sostituzione dei serramenti comporta costi piuttosto elevati.
Tuttavia, se essi sono vecchi e danneggiati, non esitiamo a sostituirli con nuovi serramenti termoisolanti.

### CONTROLLIAMO LE DISPERSIONI DI CALORE DAL CASSONETTO

❻ Il cassonetto è uno dei punti di notevole dispersione di calore perché spesso non è isolato; poiché isolarlo è un intervento piuttosto semplice e poco costoso, laddove c'è lo spazio sufficiente (almeno 2 cm) per applicare l'isolante, è sicuramente conveniente effettuare l'intervento.

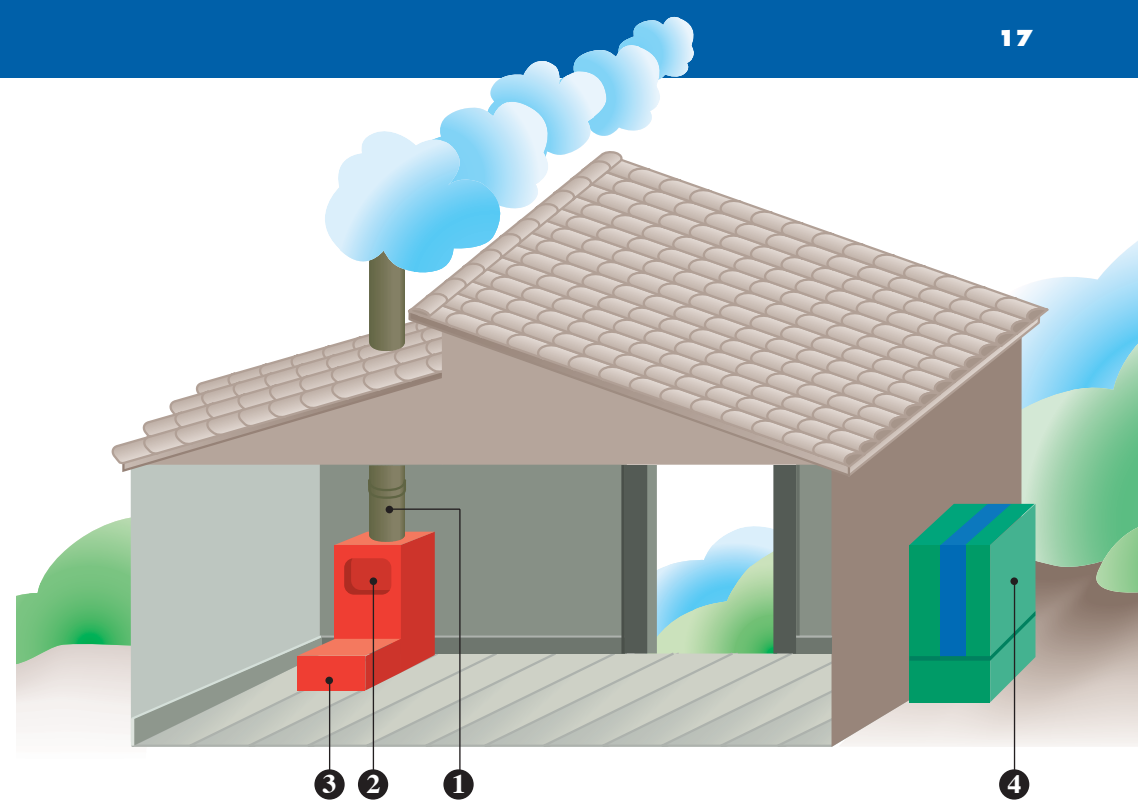
**Regoliamo infine l'impianto di riscaldamento dopo aver intrapreso qualsiasi intervento di risanamento energetico.**

| INTERVENTI | | | | ZONA CLIMATICA 1 | ZONA CLIMATICA 2 | ZONA CLIMATICA 3 | ZONA CLIMATICA 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **INTERVENTI SULLE FINESTRE** | | COSTI INDICATIVI €/m² | RISPARMIO ENERGETICO % | CONVENIENZA | CONVENIENZA | CONVENIENZA | CONVENIENZA |
| CONTROLLO INFILTRAZIONI | GUARNIZIONI SUPPLEMENTARI | 6,20 | 10-15 | ●● | ●●●● | ●●●●● | ●●●●● |
| CONTROLLO DISPERSIONI ATTRAVERSO VETRO | DOPPIO VETRO | 41,00 | 5-10 | ● | ●●● | ●●● | ●●●● |
| CONTROLLO DISPERSIONI ED INFILTRAZIONI | AGGIUNTA DI UN 2° SERRAMENTO | 103,00 | 15-20 | ● | ● | ●● | ●● |
| | SOSTITUZIONE INFISSO | 155,00 | 15-20 | ● | ● | ● | ●● |
| CONTROLLO DISPERSIONI DAL CASSONETTO | ISOLAMENTO | 9,00 | 5-10 | ●● | ●●● | ●●●● | ●●●●● |

# SFRUTTIAMO AL MASSIMO IL COMBUSTIBILE

Il nostro impianto di riscaldamento è come un'automobile che per essere in forma e consumare meno deve essere ben tenuta e perfettamente regolata.

Al contrario, spesso le nostre caldaie sfruttano poco o male l'energia contenuta nel combustibile.

Proprio per questo il D.P.R. 412 del 26.8.93 (a partire dell'agosto '94) ha reso obbligatori i controlli sull'efficienza degli impianti termici. Su tutti gli impianti, sia centralizzati che autonomi, dobbiamo far effettuare almeno una manutenzione all'anno, secondo regole precise.



### IN CHE COSA CONSISTONO I CONTROLLI E LE OPERAZIONI DI MANUTENZIONE?

**❶ Controllo della temperatura ed analisi dei fumi che fuoriescono dal camino**
Se la temperatura dei fumi è troppo alta la causa può essere ricercata nelle incrostazioni delle superfici di scambio termico all'interno della caldaia; queste, infatti, ostacolano il riscaldamento dell'acqua che circola nei radiatori ed il calore prodotto viene in parte disperso attraverso i fumi.

**❷ Pulizia della caldaia**
Anche un piccolo spessore di fuliggine nei canali che portano il fumo, causa una sensibile riduzione del rendimento dell'impianto.

**❸ Regolazione della combustione del bruciatore**
Un bruciatore mal regolato oppure non perfettamente adeguato alla caldaia è causa sicura di notevole spreco di energia. Inoltre, parte del combustibile non viene totalmente bruciato e particelle incombuste fuoriescono dal camino inquinando l'ambiente circostante.

**❹ Sostituzione del generatore di calore**
È obbligatoria, secondo determinate scadenze, se dagli accertamenti effettuati durante le operazioni di manutenzione, si riscontra che non è possibile migliorare il rendimento della caldaia ed adeguarlo ai valori imposti dalla legge. Nel caso di caldaie molto vecchie (15 anni) è sicuramente conveniente non aspettare e procedere prima possibile all'acquisto di una caldaia ad alto rendimento.

# AFFIDIAMO L’IMPIANTO IN BUONE MANI

Chi si deve occupare della buona conduzione e della manutenzione del nostro impianto di riscaldamento? Secondo la legge l’Amministratore è il solo responsabile della conduzione, del controllo e della manutenzione ordinaria e straordinaria dell’impianto; egli ha l’obbligo di affidare gli eventuali interventi di manutenzione straordinaria ad una ditta specializzata che possieda i requisiti previsti e può delegare alla stessa ditta tutte le sua responsabilità nominandola “terzo responsabile dell’esercizio e della manutenzione dell’impianto termico”. Tra i compiti del “terzo responsabile”, oltre alle operazioni di manutenzione che vanno registrate sul “libretto di centrale” (“libretto di impianto” per gli impianti più piccoli), vi è il rispetto del periodo annuale di accensione, l’osservanza dell’orario prescelto nei limiti imposti dalla legge, il mantenimento della temperatura ambiente entro i 20°C e il rispetto delle norme di sicurezza.
Prima di decidere a chi affidare i lavori di ristrutturazione del nostro impianto, verifichiamo che l’installatore possieda i requisiti previsti dalla legge n. 46/90; assicuriamoci che abbia depositato al Comune la relazione tecnica prima di iniziare i lavori e che, alla fine, ci rilasci la dichiarazione di conformità.
Questo anche nel caso si tratti di eliminare l’impianto centralizzato per realizzare impianti autonomi.

# REGOLIAMO MEGLIO LE TEMPERATURE INTERNE

### ASSICURIAMO AD OGNI AMBIENTE LA TEMPERATURA PIÙ GIUSTA

È esperienza comune, in molte abitazioni condominiali, che le condizioni termiche tra piano e piano e tra appartamenti con diverse esposizioni siano fortemente squilibrate; mentre alcuni “scoppiano” di caldo altri devono accendere le stufette elettriche...
Perché tutto ciò accade? Spesso succede che l’impianto è stato realizzato in maniera poco corretta e quindi, per assicurare una temperatura accettabile in uno o più appartamenti (per esempio quelli esposti a nord o all’ultimo piano), si rende necessario aumentare la temperatura ambiente in tutti gli alloggi.
Inoltre gli apporti gratuiti di energia, cioè quelli che provengono dal sole, possono talvolta essere molto rilevanti e surriscaldare gli ambienti. Quante volte nelle giornate invernali più serene sarebbe sufficiente il calore del sole attraverso le finestre per riscaldare alcune stanze della nostra abitazione?
Il rimedio più semplice in questi casi consiste nell’applicare, ad ogni radiatore, una valvola termostatica.
Si tratta di un dispositivo che regola automaticamente l’afflusso di acqua calda ai radiatori, in base alla temperatura che abbiamo impostato su di una apposita manopola graduata. La valvola si chiude a mano a mano che la temperatura ambiente (misurata da un sensore incorporato nella manopola) si avvicina a quella desiderata, consentendo di dirottare ulteriore acqua calda verso quei radiatori che sono aperti non avendo ancora raggiunto la temperatura impostata.
Le valvole termostatiche vanno installate al posto della vecchia valvola manuale (quella che spesso non tocchiamo perché è bloccata o perché potrebbe gocciolare).
Il loro costo dipende dal tipo di radiatore: nei modelli più recenti di radiatori, la valvola è già predisposta per ricevere una “testa” termostatica. In questo caso l’installazione è più semplice e costa circa 26,00 Euro a radiatore. Se invece è necessario sostituire l’intera valvola, il costo si aggira sulle 62,00 Euro, mano d’opera compresa.

### I VANTAGGI SONO NOTEVOLI:

- si riequilibrano le temperature sia all’interno del singolo appartamento sia fra diversi alloggi;
- si ottiene una ripartizione ottimale del calore prodotto dalla caldaia;
- si risparmia energia, fino al 20%, perché si evitano surriscaldamenti e si sfruttano adeguatamente gli apporti gratuiti di energia solare.

La legge n. 10/91, salvo poche eccezioni, ha reso **obbligatoria l’installazione delle valvole termostatiche negli alloggi di nuova costruzione e nelle ristrutturazioni degli impianti termici,** comprendendo il caso di trasformazione totale dell’impianto centralizzato in impianti autonomi.

# RIPARTIAMO ADEGUATAMENTE LE SPESE DI RISCALDAMENTO

### OGGI È POSSIBILE GESTIRE IN MANIERA AUTONOMA IL NOSTRO IMPIANTO CENTRALIZZATO

Negli ultimi anni, anche per la maggiore diffusione del metano, in molti abbiamo scelto di eliminare l’impianto centralizzato e di installare impianti autonomi nei nostri appartamenti.
Le legge n. 10/91 ci ha dato, in questo senso, una mano stabilendo che questa trasformazione, se finalizzata al risparmio energetico, può essere decisa dalla semplice maggioranza millesimale e non più dalla unanimità dei condomini.
Con un impianto autonomo non dobbiamo più discutere con gli altri condomini e abbiamo la massima libertà nella gestione del riscaldamento, cioè nella scelta dei tempi e delle temperature. Facendo un po’ di attenzione, inoltre, si riesce a risparmiare sensibilmente.
Ma esistono anche diversi svantaggi: con l’impianto autonomo siamo vincolati, quasi sempre, ad un unico combustibile, il metano; un eventuale cambiamento, in futuro, sarebbe quasi impossibile. Non possiamo dividere con nessuno le spese di manutenzione annuale della caldaia, che oggi per legge è obbligatoria. Il rendimento delle caldaiette autonome è, in generale, più basso di quello di una caldaia centralizzata, per cui, a parità di condizioni, per scaldare il nostro i appartamento consumiamo più combustibile. Ed infine, la sicurezza, che nel caso di impianti autonomi non dipende solo dalla nostra diligenza, ma anche da quella dei nostri vicini...
Oggi è possibile mantenere i vantaggi di un impianto centralizzato e contemporaneamente avere la libertà di scegliere le temperature e gli orari che più soddisfano le nostre esigenze.
Come? Installando in tutto il condominio un sistema di contabilizzazione del calore e applicando la ripartizione delle spese.
Si tratta di installare un sistema di apparecchiature che “leggono” la quantità di calore effettivamente consumata in ogni appartamento e attraverso il quale possiamo aprire o chiudere il nostro impianto e regolare la temperatura ambiente come meglio crediamo. Il tutto senza onerosi lavori di ristrutturazione.
Oltre ad una quota fissa, stabilita dall’assemblea condominiale (variabile dal 20 al 50%), pagheremo solo quello che realmente avremo consumato.
I nostri sforzi per migliorare l’isolamento di pareti e finestre saranno immediatamente ricompensati: il nostro appartamento, infatti consumerà e pagherà meno degli altri.
Il tipo di apparecchiature da installare ed i relativi costi dipendono molto dall’impianto esistente e da quanto siamo disposti a spendere. In linea generale si può dire che per un appartamento con 8-10 radiatori in un immobile di 20 alloggi il costo della trasformazione si aggira intorno ai 1500,00-1800,00 Euro. Questa cifra comprende anche alcuni indispensabili lavori di adeguamento della caldaia, la progettazione ed il collaudo dell’impianto.

# INSTALLIAMO DEI COLLETTORI SOLARI PER SODDISFARE LE NOSTRE ESIGENZE DI ACQUA CALDA

Se abitiamo in un edificio dove è possibile installare un impianto solare monofamiliare, possiamo impiegare, ad esempio, un semplice sistema a circolazione naturale.

Se abitiamo in un condominio, l'installazione di un impianto solare centralizzato è possibile, anche se relativamente più complessa e deve prevedere un collegamento al sistema convenzionale di produzione di acqua calda.

L'impiego di collettori solari consente di realizzare un risparmio di energia "tradizionale" che risulta essere, in alcuni casi, molto consistente in estate e apprezzabile in inverno. Installare un impianto solare è più conveniente se con questo sostituiamo, in parte, uno scaldabagno elettrico. La convenienza diminuisce se già ne possediamo uno a gas.

Interpelliamo un installatore per allacciare l'impianto solare al nostro impianto tradizionale, tenendo presente che è importante non sovradimensionarlo. Il costo può infatti, aumentare sensibilmente senza un corrispondente risparmio di energia.

Installare l'impianto solare, o almeno prevederne il montaggio, al momento della costruzione della nostra casa permette, inoltre, notevoli risparmi di mano d'opera ed una razionalizzazione dell'intero impianto di acqua calda.

| | | | | | COSTO INDICATIVO (**) IMPIANTO INSTALLATO €/m² | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **IMPIANTO SOLARE PRODUZIONE ACQUA CALDA** | ZONE GEOGRAFICHE | SUPERFICIE CAPTAZIONE PER UTENTE m²/PERSONA | INCLINAZIONE COLLETTORI (*) | COSTO INDICATIVO COLLETTORI €/m² (**) | PICCOLI IMPIANTI | GRANDI IMPIANTI | CONVENIENZA (***) |
| **COLLETTORI VETRATI AD ACQUA** | NORD | 1,2 | 50° | 210,00 | 620,00 | 515,00 | |
| | CENTRO | 0,75 | 45° | 210,00 | 620,00 | 515,00 | |
| | SUD | 0,55 | 35° | 210,00 | 620,00 | 515,00 | |

(*) Rispetto al piano orizzontale; indicazione valida per un impianto che funzioni lungo tutto l'arco dell'anno.

(**) I prezzi si intendono senza IVA, per impianti con garanzia totale da parte dell'installatore di 2 anni (garanzia sul collettore, da parte del costruttore di 5 anni).

(***) La convenienza è maggiore se l'impianto convenzionale da sostituire è alimentato da energia elettrica.



# ELENCO DEI COMUNI CON POPOLAZIONE SUPERIORE A 10.000 ABITANTI SUDDIVISI IN 4 ZONE CLIMATICHE

Acerra NA
Aci Castello CT
Aci Catena CT
Acireale CT
Afragola NA
Agrigento AG
Agropoli SA
Alassio SV
Albenga SV
Albisola Superiore SV
Alcamo TP
Alghero SS
Amantea CS
Andria BA
Angri SA
Anzio RM
Aprilia LT
Aragona AG
Ardea RM
Arzano NA
Assemini CA
Augusta SR
Aversa CE
Avola SR
Bacoli NA
Bagheria PA
Bagnara Calabra RC
Barcellona Pozzo di Gotto ME
Bari BA
Barletta BA
Barrafranca EN
Battipaglia SA
Benevento BN
Bernalda MT
Biancavilla CT
Bisceglie BA
Bitonto BA
Bordighera IM
Boscoreale NA
Boscotrecase NA
Brindisi BR
Cagliari CA
Caivano NA
Caltagirone CT
Campi Salentina LE
Campobello di Licata AG
Campobello di Mazara TP
Canosa di Puglia BA
Capo d'Orlando ME
Capoterra CA
Capua CE
Capurso BA
Carbonia CA
Cardito NA
Cariati CS
Carini PA
Carlentini SR
Carmiano LE
Carovigno BR
Casagiove CE
Casal di Principe CE
Casalnuovo di Napoli NA
Casarano LE
Casavatore NA
Caserta CE
Casoria NA
Cassano allo Ionio CS
Cassino FR
Castel San Giorgio SA
Castelbuono PA
Castellamare del Golfo TP
Castellamare di Stabia NA
Casteltermini AG
Castelvetrano TP
Catania CT
Catanzaro CZ
Cava de Tirreni SA
Cecina LI
Cefalù PA
Cercola NA
Cetraro CS
Cicciano NA
Cirò Marina CZ
Cisterna di Latina LT
Comiso RG
Copertino LE
Corigliano Calabro CS
Cosenza CS
Crispiano TA
Crotone CZ
Cutro CZ
Eboli SA
Ercolano NA
Fasano BR
Favara AG
Finale Ligure SV
Floridia SR
Fondi LT
Formia LT
Francavilla Fontana BR
Francofonte SR
Frattamaggiore NA
Frattaminore NA
Gaeta LT
Galatina LE
Galatone LE
Gallipoli LE
Gela CL
Giarre CT
Gioia Tauro RC
Giovinazzo BA
Giugliano in Campania NA
Giulianova TE
Gragnano NA
Grammichele CT
Gravina di Catania CT
Grottaglie TA
Grumo Nevano NA
Guspini CA
Iglesias CA
Imperia IM
Ischia NA
Isola di Capo Rizzuto CZ
Ispica RG
La Maddalena SS
Ladispoli RM
Lamezia Terme CZ
Latiano BR
Latina LT
Lecce LE
Lentini SR
Leverano LE
Licata AG
Lipari ME
Loano SV
Locri RC
Lusciano CE
Maddaloni CE
Maglie LE
Manduria TA
Marano di Napoli NA
Marcianise CE
Margherita di Savoia FG
Marigliano NA
Marsala TP
Mascalucia CT
Massa Lubrense NA
Massafra TA
Matino LE
Mazara del Vallo TP
Melito di Napoli NA
Menfi AG
Mercato San Severino SA
Mesagne BR
Messina ME
Milazzo ME
Militello in Val di Cata CT
Minturno LT
Misilmeri PA
Misterbianco CT
Modica RG
Modugno BA
Mola di Bari BA
Molfetta BA
Mondragone CE
Monopoli BA
Monreale PA
Monte Argentario GR
Monte di Procida NA
Monteroni di Lecce LE
Mugnano di Napoli NA
Napoli NA
Nardò LE
Naro AG
Nettuno RM
Niscemi CL
Nocera Inferiore SA
Nocera Superiore SA
Noicattaro BA
Nola NA
Noto SR
Olbia SS
Orbetello GR
Oria BR
Oristano OR
Orta di Atella CE
Orta Nova FG
Ortona CH
Ostuni BR
Ottaviano NA
Paceco TP
Pachino SR
Pagani SA
Palagiano TA
Palagonia CT
Palermo PA
Palma Campania NA
Palma di Montechiaro AG
Palmi RC
Paola CS
Partanna TP
Partinico PA
Paternò CT
Patti ME
Piano di Sorrento NA
Piedimonte Matese CE
Pietra Ligure SV
Pietraperzia EN
Pineto TE
Piombino LI
Poggiomarino NA
Policoro MT
Polignano a Mare BA
Polistena RC
Pomigliano d'Arco NA
Pompei NA
Pontecagnano Faiano SA
Pontecorvo FR
Pontinia LT
Portici NA
Porto Empedocle AG
Porto Torres SS
Portoferraio LI
Pozzallo RG
Pozzuoli NA

Priolo Gargallo SR
Priverno LT
Procida NA
Qualiano NA
Quarto NA
Quartu Sant'Elena CA
Racalmuto AG
Raffadali AG
Ragusa RG
Ravanusa AG
Reggio Calabria RC
Ribera AG
Riesi CL
Riposto CT
Rosarno RC
Roseto degli Abruzzi TE
Rosolini SR
Rossano CS
Ruffano LE
Rutigliano BA
Sabaudia LT
Salemi TP
Salerno SA
San Cipriano d'Aversa CE
San Felice a Cancello CE
San Ferdinando di Puglia FG
San Gavino Monreale CA
San Giorgio a Cremano NA
San Giorgio Ionico TA
San Giovanni la Punta CT
San Giuseppe Vesuviano NA
San Nicola la Strada CE
San Pancrazio Salentino BR
San Pietro Vernotico BR
Sanremo IM
San Salvo CH
San Vito dei Normanni BR
Sant'Agata di Militello ME
Sant'Anastasia NA
Sant'Antimo NA
Sant'Antioco CA
Sant'Antonio Abate NA
Santa Maria a Vico CE
Santa Maria Capua Vetere CE
Sarno SA
Sassari SS
Sava TA
Saviano NA
Scafati SA
Sciacca AG
Scicli RG
Scorcia CT
Selargius CA
Sessa Aurunca CE
Sestu CA
Siderno RC
Silvi TE
Sinnai CA
Siracusa SR
Somma Vesuviana NA
Sorrento NA
Sorso SS
Soverato CZ
Squinzano LE
Surbo LE
Taggia IM
Taormina ME
Taranto TA
Taurianova RC
Taursiano LE
Taviano LE
Termini Imerese PA
Termoli CB
Terracina LT
Terzigno NA
Torre Annunziata NA
Torre del Greco NA
Torre Santa Susanna BR
Tortorici ME
Trani BA
Trapani TP
Tremestieri Etneo CT
Trentola Ducenta CE
Trepuzzi LE
Tricase LE
Triggiano BA
Trinitapoli FG
Ugento LE
Valderice TP
Valenzano BA
Veglie LE
Ventimiglia IM
Vico Equense NA
Vieste FG
Vietri sul Mare SA
Villa San Giovanni RC
Villabate PA
Villacidro CA
Villaricca NA
Vittoria RG
Volla NA

Acquaviva delle Fonti BA
Adelfia BA
Adrano CT
Agliana PT
Alatri FR
Albano Laziale RM
Altamura BA
Amelia TR
Anagni FR
Ancona AN
Apricena FG
Arenzano GE
Ariccia RM
Ascoli Piceno AP
Atessa CH
Atri TE
Atripalda AV
Aulla MS
Avellino AV
Bagno a Ripoli FI
Baronissi SA
Bastia PC
Belpasso CT
Bisignano CS
Bracciano RM
Bronte CT
Calenzano FI
Caltanisetta CL
Camaiore LU
Campagna SA
Campi Bisenzio FI
Campiglia Marittima LI
Canicattì AG
Capaccio SA
Capannori LU
Carrara MS
Casamassima BA
Cascina PI
Castelfidardo AN
Castelfiorentino FI
Castelfranco di Sotto PI
Castellana Grotte BA
Castellaneta TA
Castiglione del Lago PC
Castrovillari CS
Ceccano FR
Ceglie Messapico BR
Cerignola FG
Certaldo FI
Cerveteri RM
Cervinara AV
Chiaravalle AN
Chiavari GE
Chieti CH
Ciampino RM
Cisternino BR
Cittanova RC
Civita Castellana VT
Civitanova Marche MC
Colle di Val d'Elsa SI
Colleferro RM
Collesalvetti LI
Conversano BA
Corato BA
Cori LT
Corleone PA
Corridonia MC
Empoli FI
Erice TP
Falconara Marittima AN
Ferentino FR
Fermo AP
Figline Valdarno FI
Firenze FI
Foggia FC
Foligno PG
Follonica GR
Forlì FO
Forlimpopoli FO
Forte dei Marmi LU
Francavilla al Mare CH
Frascati RM
Fucecchio FI
Genova GE
Genzano di Roma RM
Ginosa TA
Gioia del Colle BA
Gravina in Puglia BA
Grosseto CR
Grottaferrata RM
Grottammare AP
Grumo Appula BA
Guardiagrele CH
Guidonia Montecelio RM
Isernia IS
Isola del Liri FR
Jesi AN
La Spezia SP
Lanciano CH
Lastra a Signa FI
Laterza TA
Lauria PZ
Lavagna GE
Lavello PZ
Leonforte EN
Lerici SP
Livorno LI
Locorotondo BA
Loreto AN
Lucca LU
Lucera FG
Luzzi CS
Macerata MC
Macomer NU
Magione PG
Manfredonia FG
Marino RM
Martina Franca TA
Massa MS
Massarosa LU
Matelica MC
Matera MT
Mazzarino CL
Melfi PZ
Mentana RM
Minervino Murge BA
Monsummano Terme PT
Montalto Uffugo CS
Monte S.Giovanni Campa FR
Montecatini Terme PT
Montecorvino Rovella SA
Montegranaro AP
Montelupo Fiorentino FI
Montemurlo FI
Montepulciano SI
Monterotondo RM
Montesarchio BN
Montesilvano Marina PE
Montevarchi AR
Mottola TA
Muggia TS
Mussomeli CL
Narni TR
Nicosia EN
Noci BA
Nuoro NU
Orvieto TR
Osimo AN
Ozieri SS
Palazzolo Acreide SR
Palo del Colle BA
Penne PE
Pesaro PS
Pescara PE
Pescia PT



Petilia Policastro CZ
Piazza Armerina EN
Pietrasanta LU
Pisa PI
Pisticci MT
Pistoia PT
Poggibonsi SI
Pomezia RM
Ponsacco PI
Pontassieve FI
Pontedera PI
Porto San Giorgio AP
Porto Sant'Elpidio AP
Potenza Picena MC
Prato FI
Putignano BA
Quarrata PT
Randazzo CT
Rapallo GE
Recanati MC
Recco GE
Rende CS
Roma RM
Rosignano Marittimo LI
Ruvo di Puglia BA
Sala Consilina SA
San Benedetto del Tronto AP
San Cataldo CL
San Giovanni Rotondo FG
San Giovanni Valdarno AR
San Giuliano Terme PI
San Marco in Lamis FG
San Miniato PI
San Severino Marche MC
San Severo FG
Sannicandro Garganico FG
Sant'Agata dé Goti BN
Sant'Elpidio a Mare AP
Santa Croce sull'Arno PI
Santa Margherita Ligure GE
Santa Maria a Monte PI
Santeramo in Colle BA
Sarzana SP
Savona SV
Scandicci FI
Senigallia AN
Seravezza LU
Sesto Fiorentino FI
Sestri Levante GE
Sezze LT
Siena SI
Signa FI
Sinalunga SI
Spoltore PE
Sulmona AQ
Tarquinia VT
Teano CE
Tempio Pausania SS
Teramo TE
Terlizzi BA
Terni TR
Tivoli RM
Tolentino MC
Torremaggiore FG
Trieste TS
Turi BA
Valguarnera Caropepe EN
Valmontone RM
Varazze SV
Vasto CH
Velletri RM
Venosa PZ
Veroli FR
Verona VR
Vetralla VT
Viareggio LU
Viba Valentia CZ
Vinci FI
Viterbo VT
Zagarolo RM

Abano Terme PD
Abbiategrasso MI
Acqui Terme AL
Acri CS
Adria RO
Agrate Brianza MI
Alba CN
Albignasego PD
Albino BG
Alessandria AL
Alfonsine RA
Alpignano TO
Alzano Lombardo BG
Aosta AO
Arco TN
Arcore MI
Arese MI
Arezzo AR
Argenta FE
Ariano Irpino AV
Arona NO
Arzignano VI
Assisi PG
Asti AT
Avezzano AQ
Avigliano PZ
Azzano Decimo PN
Badia Polesine RO
Bagnacavallo RA
Bagnolo Mella BS
Bareggio MI
Barga LU
Bassano del Grappa VI
Beinasco TO
Bellaria Igea Marina FO
Belluno BL
Bergamo BG
Besana in Brianza MI
Bibbiena AR
Biella VC
Bollate MI
Bologna BO
Bolzano BZ
Bondeno FE
Borgo San Lorenzo FI
Borgomanero NO
Borgosesia VC
Bovisio Masciago MI
Bovolone VR
Bra CN
Brescia BS
Bresso MI
Broni PV
Brugherio MI
Buccinasco MI
Budrio BO
Bussolengo VR
Busto Arsizio VA
Busto Garolfo MI
Cadoneghe PD
Cairo Montenotte SV
Calolziocorte BG
Campobasso CB
Campodarsego PD
Canegrate MI
Canelli AT
Cantù CO
Caorle VE
Carate Brianza MI
Caravaggio BG
Cardano al Campo VA
Carmagnola TO
Caronno Pertusella VA
Carpi MO
Casale Monferrato AL
Casalecchio di Reno BO
Casalgrande RE
Casalmaggiore CR
Casalpusterlengo MI
Casatenovo CO
Caselle Torinese TO
Cassano d'Adda MI
Cassano Magnago VA
Cassina dé Pecchi MI
Cassola VI
Castel Maggiore BO
Castel San Giovanni PC
Castel San Pietro Terme BO
Castelfranco Emilia MO
Castelfranco Veneto TV
Castellanza VA
Castenaso BO
Castiglion Fiorentino AR
Castiglione delle Stiviere MN
Cattolica FO
Cavarzere VE
Celano AQ
Cento FE
Cerea VR
Cernusco sul Naviglio MI
Cerro Maggiore MI
Cervia RA
Cervignano del Friuli UD
Cesano Boscone MI
Cesano Maderno MI
Cesena FO
Cesenatico FO
Chiampo VI
Chiari BS
Chieri TO
Chioggia VE
Chivasso TO
Cingoli MC
Cinisello Balsamo MI
Ciriè TO
Città di Castello PG
Cittadella PD
Cividale del Friuti UD
Civitavecchia RM
Codigoro FE
Codogno MI
Codroipo UD
Collecchio PR
Collegno TO
Cologno Monzese MI
Comacchio FE
Como CO
Concesio BS
Concordia Sagittaria VE
Concorezzo MI
Conegliano TV
Copparo FE
Corbetta MI
Corciano PG
Cordenons PN
Cormano MI
Cornaredo MI
Correggio RE
Corsico MI
Cortona AR
Cossato VC
Crema CR
Cremona CR
Crevalcore BO
Cuorgné TO
Cusano Milanino MI
Dalmine BG
Darfo Boario Terme BS
Desenzano del Garda BS
Desio MI
Dolo VE
Domodossola NO
Dueville VI
Enna EN
Eraclea VE
Erba CO
Este PD
Fabriano AN
Faenza RA
Fagnano Olona VA
Fano PS
Ferrara FE
Fidenza PR
Fiesole FI
Finale Emilia MO
Fiorano Modenese MO
Fiorenzuola d'Arda PC
Fivizzano MS
Formigine MO
Fossano CN
Fossombrone PS
Frosinone FR
Gallarate VA
Galliate NO
Garbagnate Milanese MI
Gardone Val Trompia BS

Garlasco PV
Gemona del Friuli UD
Ghedi BS
Giussano MI
Gorgonzola MI
Gorizia GO
Greve in Chianti FI
Grugliasco TO
Gualdo Tadino PG
Guastalla RE
Gubbio PG
Gussago BS
Iesolo VE
Imola BO
Impruneta FI
Isola della Scala VR
Ivrea TO
L'Aquila AQ
Lainate MI
Laives BZ
Latisana UD
Lecco CO
Legnago VR
Legnano MI
Leinì TO
Lendinara RO
Leno BS
Lentate sul Seveso MI
Limbiate MI
Lissone MI
Lodi MI
Lonate Pozzolo VA
Lonato BS
Lonigo VI
Lugo RA
Luino VA
Lumezane BS
Magenta MI
Maenate VA
Malo VI
Manerbio BS
Maniago PN
Mantova MN
Maranello MO
Mariano Comense CO
Marostica VI
Martellago VE
Massa Marittima GR
Meda MI
Medicina BO
Melegnano MI
Melzo MI
Merano BZ
Merate CO
Milano MI
Mira VE
Mirandola MO
Mirano VE
Modena MO
Mogliano Veneto TV
Molinella BO
Moncalieri TO
Mondovì CN
Monfalcone GO
Monselice PD
Montagnana PD
Monte Sant'Angelo FG
Montebelluna TV
Montecchio Maggiore VI
Montefiascone VT
Montichiari BS
Monza MI
Morbegno SO
Mortara PV
Muggió MI
Negrar VR
Nembro BG
Nerviano MI
Nichelino TO
Nizza Monferrato AT
Noale VE
Nonantola MO
Nova Milanese MI
Novara NO
Novate Milanese MI
Novellara RE
Novi Ligure AL
Oderzo TV
Oleggio NO
Omegna NO
Opera MI
Orbassano TO
Orzinuovi BS
Ovada AL
Paderno Dugnano MI
Padova PD
Paese TV
Palazzolo sull'Oglio BS
Palestrina RM
Parabiago MI
Parma PR
Pavia PV
Pero MI
Perugia PG
Peschiera Borromeo MI
Piacenza PC
Pianezza TO
Piandro BO
Piazzola sul Brenta PD
Pinerolo TO
Pioltello MI
Piossasco TO
Piove di Sacco PD
Ponte San Pietro BG
Pontremoli MS
Porcia PN
Pordenone PN
Porto Tolle RO
Portogruaro VE
Portomaggiore FE
Potenza PZ
Preganziol TV
Ravenna RA
Reggello FI
Reggio Emilia RE
Rescaldina MI
Rezzato BS
Rho MI
Riccione FO
Rieti RI
Rimini FO
Rionero in Vulture PZ
Riva del Garda TN
Rivalta di Torino TO
Rivarolo Canavese TO
Rivoli TO
Roccastrada GR
Romano d'Ezzelino VI
Romano di Lombardia BG
Roncade TV
Ronchi dei Legionari GO
Rosà VI
Rovato BS
Rovereto TN
Rovigo RO
Rozzano MI
Rubano PD
Russi RA
Sacile PN
Salò BS
Salsomaggiore Terme PR
Saluzzo CN
Samarate VA
San Biagio di Callalta TV
San Bonifacio VR
San Casciano in Val di Pesa FI
San Donà di Piave VE
San Donato Milanese MI
San Giovanni in Fiore CS
San Giovanni in Persiceto BO
San Giovamni Lupatoto VR
San Giuliano Milanese MI
San Lazzaro di Savena BO
S.Martino Buon Albergo VR
San Martino di Lupari PD
San Mauro Torinese TO
S.Michele al Tagliamento VE
San Vito al Tagliamento PN
Sansepolcro AR
Sant'Angelo Lodigiano MI
Santarcangelo di Romagna FO
Santena TO
Santo Stino di Livenza VE
Sarezzo BS
Saronno VA
Sasso Marconi BO
Sassuolo MO
Savigliano CN
Savignano sul Rubicone FO
Scandiano RE
Schio VI
Scorzè VE
Segrate MI
Selvazzano Dentro PD
Senago MI
Seregno MI
Seriate BG
Sesto San Giovanni MI
Settimo Milanese MI
Settimo Torinese TO
Seveso MI
Soliera MO
Somma Lombardo VA
Sommacampagna VR
Sona VR
Sondrio SO
Sora FR
Spilamberto MO
Spilimbergo PN
Spinea VE
Spoleto PG
Stradella PV
Suzzara MN
Tavagnacco UD
Thiene VI
Todi PG
Torino TO
Tortona AL
Tradate VA
Trecate NO
Trento TN
Treviglio BG
Treviso TV
Trezzano sul Naviglio MI
Trezzo sull'Adda MI
Troina EN
Udine UD
Umbertide PG
Urbino PS
Valdagno VI
Valdobbiadene TV
Valenza AL
Valmadrera CO
Varedo MI
Varese VA
Vedelago TV
Venaria TO
Venezia VE
Verbania NO
Vercelli VC
Viadana MN
Vicenza VI
Vigevano PV
Vignola MO
Vigonza PD
Villafranca di Verona VR
Villasanta MI
Villorba TV
Vimercate MI
Vimodrone MI
Vinovo TO
Vittorio Veneto TV
Voghera PV
Volpiano TO
Volterra PI
Zola Predosa BO

## 4

Appiano BZ
Borgo San Dalmazzo CN
Bressanone BZ
Brunico BZ
Cuneo CN
Feltre BL
Giaveno TO
Pavullo nel Frignano MO
Pergine Valsugana TN
Tolmezzo UD

**L'ENEA** pubblica altri opuscoli sulle scelte più convenienti che tutti noi possiamo adottare per risparmiare energia e proteggere l'ambiente.
Potete richiedere gratuitamente gli opuscoli che vi interessano a:

**ENEA - Unità RES RELPROM**
**Lungotevere Thaon di Revel, 76 - 000196 Roma**
**Fax 0636272288**

**RICERCA E INNOVAZIONE PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE DEL PAESE**

L'ENEA è un ente di diritto pubblico operante nei campi della ricerca e dell'innovazione per lo sviluppo sostenibile, finalizzata a promuovere insieme gli obiettivi di sviluppo, competitività e occupazione e quello della salvaguardia ambientale.
Svolge altresì funzioni di agenzia per le pubbliche amministrazioni mediante la prestazione di servizi avanzati nei settori dell'energia, dell'ambiente e dell'innovazione tecnologica.
In particolare l'Ente:

- svolge, sviluppa, valorizza e promuove la ricerca in tema di energia, ambiente e innovazione tecnologica nel quadro dei programmi di ricerca nazionali, dell'Unione Europea e di altre organizzazioni internazionali;
- sostiene e favorisce i processi di innovazione e di trasferimento tecnologico al sistema produttivo e alle pubbliche amministrazioni;
- fornisce supporto tecnico specialistico ed organizzativo alle amministrazioni, alle regioni e agli enti locali, nell'ambito di accordi di programma con i Ministeri dell'Industria, dell'Ambiente e dell'Università e della Ricerca Scientifica e con altre amministrazioni pubbliche.

L'Ente ha circa **3.600 dipendenti** che operano in Centri di Ricerca distribuiti su tutto il territorio nazionale.
Nelle diverse regioni sono anche presenti **13 Centri di Consulenza Energetica Integrata** per la promozione e la diffusione degli usi efficienti dell'energia nei settori industriale, civile e dei trasporti.

**CENTRI DI CONSULENZA ENERGETICA INTEGRATA (C.C.E.I.)**


**VENETO**
C.C.E.I. ENEA
Calle delle Ostreghe, 2434
C.P. 703
30124 VENEZIA
Tel. 0415226887
Fax 0415209100

**LIGURIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Serra, 6
16122 GENOVA
Tel. 010567141
Fax 010567148

**TOSCANA**
C.C.E.I. ENEA
Via Ponte alle Mosse, 61
50144 FIRENZE
Tel. 0553241227
Fax 055350491

**MARCHE**
C.C.E.I. ENEA
V.le della Vittoria, 52
60123 ANCONA
Tel. 07132773
Fax 07133264

**UMBRIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Angeloni, 49
06100 PERUGIA
Tel. 0755000043
Fax 0755006389

**LAZIO**
ENEA Divisione PROM
C.R. Casaccia
Via Anguillarese, 301
00060 ROMA
Tel. 0630483245
Fax 0630483930

**ABRUZZO**
C.C.E.I. ENEA
Via N. Fabrizi, 215/15
65122 PESCARA
Tel. 0854216332
Fax 0854216362

**MOLISE**
C.C.E.I. ENEA
Via Mazzini, 84
86100 CAMPOBASSO
Tel. 0874481072
Fax 087464607

**CAMPANIA**
C.C.E.I. ENEA
Via della Costituzione
Isola A/3
80143 NAPOLI
Tel. 081691111
Fax 0815625232

**PUGLIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Roberto da Bari, 119
70122 BARI
Tel. 0805248213
Fax 0805213898

**BASILICATA**
C.C.E.I. ENEA
C/o SEREA
Via D. Di Giura, s.n.c.
85100 POTENZA
Tel. 097146088
Fax 097146090

**CALABRIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Argine Destra
Annunziata, 87
89100 REGGIO CALABRIA
Tel. 096545028
Fax 096545104

**SICILIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Catania, 2
90143 PALERMO
Tel. 0917824120
Fax 091300703


ENEA

ENEA

# NOI PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE

18

# sommario

*Lo Sviluppo Sostenibile: è quello sviluppo che consente alla generazione presente di soddisfare i propri bisogni senza compromettere la capacità delle future generazioni di soddisfare i loro propri bisogni.*

**(Rapporto Brundtland 1987)**

# NOI PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE

L'attuale modello di sviluppo va cambiato, le diverse emergenze ambientali chiedono un intervento: i governi ne sono sempre più consapevoli e in questa direzione vanno i diversi impegni presi a livello internazionale.

Ma perseguire un modello di sviluppo che sia sostenibile non è solo compito dei governi, è indispensabile anche il contributo di noi cittadini consumatori.

Molte azioni che noi ripetiamo quotidianamente come accendere le luci, far funzionare gli elettrodomestici, accendere l'impianto di riscaldamento, andare in macchina, gettare i rifiuti, hanno delle ricadute ambientali non trascurabili.

Come possiamo contribuire a migliorare la qualità della nostra vita e del nostro ambiente e a ripensare un modello di sviluppo che sia sostenibile per noi e per i nostri figli?

**Iniziamo con piccoli gesti:** adottiamo un modello di consumo sostenibile.



# UN MODELLO DI CONSUMO SOSTENIBILE

Quando il consumo è sostenibile? Quando i beni e i prodotti che consumiamo quotidianamente vengono prodotti e usati nel pieno rispetto dell'ambiente e delle risorse.
Senza sacrifici e senza rinunciare al comfort al quale siamo abituati, possiamo modificare il nostro stile di vita.

Potremo utilizzare in modo corretto e sostenibile le risorse energetiche e ambientali, contribuendo così anche al degli impegni nazionali per la riduzione delle emissioni di gas serra.
Miglioreremo inoltre la qualità dell'ambiente in cui viviamo e risparmieremo denaro.

### COME CONSUMANO LE FAMIGLIE ITALIANE

Le famiglie italiane consumano annualmente il 60% circa della ricchezza nazionale, e più del 30% dei consumi energetici totali.
Una famiglia di 4 persone spende in media 1.700,00 Euro al mese. Il 17,26% di questa somma è destinato ai consumi alimentari, l'8,65% all'acquisto di vestiario e calzature, il 18% è destinato a spese per la manutenzione delle abitazioni e per i consumi di combustibili e di energia, l'8,9% è utilizzato per acquistare mobili e arredamento, il 12,45% per i trasporti e le comunicazioni, il 6,65% per i servizi sanitari, e circa il 28% per spese riguardanti il tempo libero.
Le famiglie sono anche responsabili di circa il 27% delle emissioni nazionali di gas inquinanti. Il 10% di queste emissioni proviene dagli impianti di riscaldamento, il 9% proviene dal trasporto privato e il 3% dai rifiuti solidi urbani.
Se consideriamo che la popolazione italiana ha raggiunto circa i 60 milioni di abitanti e che l'emissione pro-capite di anidride carbonica ($CO_2$) annua è di 7,8 tonnellate, ci rendiamo conto che un nostro contributo e impegno nel migliorare l'uso delle risorse diventa rilevante se non indispensabile ai fini dello sviluppo sostenibile.

**Qualche dato in più**

*Il consumo di un solo chilowattora, che corrisponde a circa mezzora d'accensione di uno scaldabagno o di una stufetta elettrici, richiede, nelle migliori centrali, la combustione di circa 250 grammi d'olio combustibile (un quarto di chilo di petrolio) e provoca l'immissione nella atmosfera di 750 grammi di anidride carbonica (circa 400 litri di $CO_2$). Ma una famiglia di 4 persone consuma circa 7 chilowattora al giorno, bruciando 2 chili di petrolio e liberando quasi 2.800 litri di $CO_2$. Inoltre, una famiglia produce ogni giorno quasi 6 chili di rifiuti e consuma circa 1.000 litri di acqua.*

### L'EFFICIENZA ENERGETICA NELLE ABITAZIONI

Secondo recenti studi una famiglia media italiana potrebbe risparmiare, senza fare rinunce, ma semplicemente usando meglio l'energia, il 40% delle spese per il riscaldamento e il 10% di quelle per gli elettrodomestici.
Alcuni anni fa la legge 10/91 ha dettato criteri per il contenimento dei consumi energetici delle nuove costruzioni e per la riqualificazione energetica delle abitazioni esistenti e ha istituito la "certificazione energetica degli edifici", un certificato che attesta la qualità energetica di un edificio o di un singolo alloggio. Fino al 31 dicembre 2005 gli interventi rivolti a migliorare

l'utilizzo dell'energia nelle abitazioni possono beneficiare della detrazione del 36% sull'imposta IRPEF (legge n°449 del 27 Dicembre 1997). Vi rientrano interventi come: l'isolamento termico, l'installazione di impianti termici a più alta efficienza, l'installazione di sistemi di regolazione della temperatura, e l'installazione di impianti che utilizzano fonti energetiche alternative.

**Vediamo quali sono gli interventi più convenienti.**

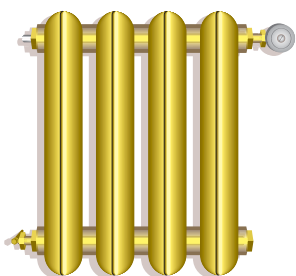
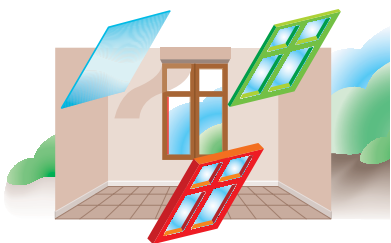
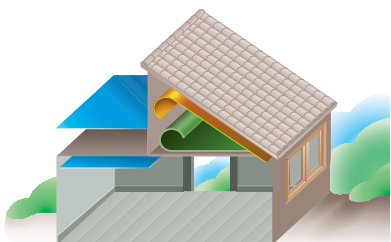
### L'isolamento termico degli edifici

Di tutta l'energia utilizzata per riscaldare un edificio durante la stagione invernale, una buona parte viene dispersa dalle pareti, dal tetto, dalle finestre e una parte dalla caldaia.
Eseguendo interventi di isolamento termico possiamo ridurre il consumo di combustibile per il riscaldamento delle abitazioni, contribuire allo sforzo nazionale di riduzione delle emissioni di gas inquinanti e contemporaneamente potremo arrivare a risparmiare fino al 40% sulle spese di riscaldamento.

**Ecco alcuni suggerimenti.**

- **Isoliamo il tetto:** posizioniamo l'isolante all'esterno sotto i coppi o le tegole, oppure all'interno nel sottotetto.
- **Isoliamo le pareti:** dall'interno applicando pannelli di materiale isolante;
  dall'esterno applicando sulla facciata un "cappotto", cioè uno strato di materiale isolante protetto da uno strato superficiale di finitura.
- **Isoliamo il cassonetto dell'avvolgibile ed installiamo pannelli isolanti dietro i termosifoni.**
- **Montiamo guarnizioni nuove sui serramenti e doppi vetri alle finestre.**
- **Coibentiamo i solai:** dall'esterno con uno strato di materiale isolante impermeabilizzato e protetto dalla pavimentazione; dall'interno applicando pannelli isolanti al soffitto dell'ultimo piano.

### La regolazione dell'impianto di riscaldamento

Il riscaldamento è dopo il traffico la maggior causa di inquinamento delle nostre città. Ogni famiglia italiana spende in media più di 600 euro all'anno per riscaldarsi. Una cifra non indifferente. Per contenere i consumi di energia negli impianti di riscaldamento, è stato emanato il DPR 412/93. Il decreto ha dettato le norme per la progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti di riscaldamento degli edifici, affidando a Comuni e Province i controlli sullo stato di manutenzione ed efficienza degli impianti. Seguendo tale normativa, alla quale tutti dobbiamo attenerci, si riducono i consumi di energia e si migliora la sicurezza e l'efficienza dell'impianto. Diminuiranno così anche i gas inquinanti emessi dall'impianto e le spese di combustibile.



**In casa, di giorno, manteniamo la temperatura a circa 20°C,** che è poi la temperatura che si ha normalmente durante una bella giornata primaverile. Teniamo presente poi che per ogni grado in meno risparmieremo circa il 7% sulle spese di riscaldamento.

**Durante la notte regoliamo il termostato a 16°C.**

**Isoliamo le tubazioni** che dalla caldaia portano l'acqua ai radiatori, specialmente nei tratti che attraversano locali non riscaldati.

Rispettiamo l'obbligo di far fare la **manutenzione della caldaia** almeno una volta l'anno, e di far **controllare e analizzare i fumi** che fuoriescono dalla caldaia, almeno ogni due anni, per capire se consuma ed inquina più di quanto dovrebbe.

**Se necessario, sostituiamo la caldaia e il bruciatore** con modelli recenti e con rendimenti più elevati.

**Installiamo valvole termostatiche** che, in base alla temperatura impostata, aprono e chiudono l'afflusso di acqua al termosifone. Con questo sistema possiamo risparmiare fino al 20% di energia.

Per chi vive in un condominio e ha l'impianto di riscaldamento centralizzato, è possibile chiedere di **installare un sistema di contabilizzazione del calore.** Si tratta di installare un sistema di apparecchiature che misurano (contabilizzano) la quantità di calore effettivamente consumata in ogni appartamento. In questo modo avremo la libertà di scegliere le temperature e gli orari di accensione che più ci soddisfano, riuscendo a risparmiare anche il 30% delle spese annuali. Per un appartamento con 8-10 radiatori, il costo dell'installazione di un sistema di contabilizzazione si aggira intorno ai 1.550,00 Euro.

## L'USO DELL'ENERGIA IN CASA

Il consumo degli elettrodomestici in Italia costituisce, insieme con l'illuminazione, il 23% dei consumi elettrici nazionali.
Ciò significa che una famiglia di 4 persone spende in media 103,00 Euro a bimestre, per luce, elettrodomestici grandi e piccoli, computer e apparecchiature varie collegate alla rete elettrica.

### L'illuminazione

In Italia, la quota di energia elettrica destinata all'illuminazione domestica è superiore ai 6 miliardi di kWh, corrispondente a circa il 13,5% del consumo totale di energia elettrica nel settore residenziale.

**Anche con l'illuminazione è possibile contenere i consumi di energia. Vediamo come:**

- Per illuminare correttamente un ambiente non è necessario aumentare la potenza delle lampadine, e quindi i consumi, basta scegliere il tipo di lampada giusta e la posizione più opportuna. Il lampadario centrale non è una soluzione vantaggiosa in termini energetici: è meglio distribuire le lampade in funzione delle attività da svolgere.
- In soggiorno evitiamo i lampadari con molte lampadine. Una lampada da 100 watt fornisce la stessa illuminazione di 6 lampadine da 25 watt, consumando il 50% in meno.

- Prima di acquistare una lampada, bisogna pensare bene qual è l'ambiente da illuminare, quali attività vi si svolgono e per quante ore, in media, la lampada rimarrà accesa.

In generale la soluzione migliore consiste nel creare una luce soffusa in tutto l'ambiente e intervenire con fonti luminose più intense nelle zone destinate ad attività precise come pranzare, leggere, studiare.

Le lampade che troviamo in commercio possono essere suddivise, in base alla modalità con cui viene generata la luce, in due grandi categorie: **a incandescenza e a scarica elettrica in gas.**

**Le lampade a incandescenza,** le comuni lampadine, si suddividono in normali e alogene. Entrambe sono economiche al momento dell'acquisto, ma più costose per quello che riguarda i consumi. Le normali hanno una durata media di 1.000 ore, le alogene invece hanno una durata media di 2.000 ore e una maggiore resa energetica.

**Le lampade a scarica elettrica in gas,** conosciute come lampade ad alta efficienza, hanno una durata media, a seconda dei vari modelli, di 10/12.000 ore. Sono molto efficienti: una di queste lampade da 20 watt fornisce la stessa quantità di luce di una lampadina ad incandescenza da 100 watt. Hanno un prezzo iniziale elevato, ma consentono di ridurre fortemente i consumi di energia elettrica, fino a circa il 70% rispetto alle lampadine ad incandescenza.

Ricordiamo che fino al 31 dicembre 2005 anche le spese sostenute per l'acquisto di queste lampade beneficiano, della detrazione IRPEF del 36%.

Dalla tabella possiamo notare come cambia la spesa annua per l'illuminazione a seconda delle lampade che si utilizzano.

**ESEMPIO DI UTILIZZO: 2.000 ORE/ANNO PER UN PERIODO DI 5 ANNI (*)**

| TIPO E NUMERO DI LAMPADE (**) | COSTO LAMPADE (***) EURO | COSTO ENERGIA ELETTRICA EURO | COSTO TOTALE EURO | RISPARMIO TOTALE (****) EURO |
|---|---|---|---|---|
| **INCANDESCENZA** 3x100 W | 30,00 | 540,00 | 570,00 | - |
| **ALOGENE** 2x100 W | 50,00 | 360,00 | 410,00 | 160,00 |
| **FLUORESCENTI COMPATTE TRADIZIONALI** 3x25 W | 30,00 | 135,00 | 165,00 | 405,00 |
| **FLUORESCENTI COMPATTE ELETTRONICHE** 3x20 W | 54,00 | 108,00 | 162,00 | 408,00 |

(*) Illuminazione ambiente pari a 150 lux.
(**) Durata lampade ad incandescenza: 1.000 ore; alogene: 2.000 ore; fluorescenti compatte: 10.000 ore.
(***) Costo lampade ad incandescenza: 1,00 Euro; alogene: 5,00 Euro; fluorescenti compatte tradizionali: 10,00 Euro; fluorescenti compatte elettroniche: 18,00 Euro.
(****) Risparmio rispetto alla soluzione con lampade ad incandescenza.



### Gli elettrodomestici

Le nostre case sono ormai piene di tanti elettrodomestici come frigorifero, lavastoviglie, televisori, videoregistratori, radio, forni elettrici e a microonde, robot, phon, scope elettriche, ferri da stiro, di cui non possiamo più fare a meno. Possiamo però utilizzarli in modo più efficiente. Ridurremo così i consumi di energia e quindi l'impatto con l'ambiente, e nello stesso tempo risparmieremo anche denaro.

Il primo consiglio valido per tutti gli elettrodomestici, è di preferire i modelli di più recente produzione, controllando, dove è già presente, l'"etichetta energetica": l'adesivo colorato che si trova su frigoriferi, congelatori, lavatrici, lavastoviglie, lampade, forni elettrici e condizionatori, e che permette di conoscere caratteristiche e consumi di ciascun modello e di valutarne i costi di esercizio.
È comunque importante leggere con attenzione il libretto delle istruzioni che spesso contiene importanti indicazioni.

### L'etichetta energetica

*La Direttiva Europea 92/7/CEE ha stabilito la necessità di applicare un'etichetta energetica ai principali elettrodomestici; nel 1994 è stata emanata la prima direttiva specifica. Così anche in Italia, come in altri paesi europei, a partire dal 1998 sono state introdotte le etichettature energetiche per i frigoriferi e i congelatori, per le lavatrici, per le lavastoviglie, per le lampade ad uso domestico, per i forni elettrici e per i condizionatori.*

*L'etichetta energetica permette di conoscere caratteristiche e consumi e di valutare fin dal momento dell'acquisto i costi di esercizio di ciascun modello. L'informazione più importante riportata dall'etichetta è relativa all'efficienza energetica. Una serie di frecce di lunghezza crescente, associate alle lettere dalla A alla G, permettono di confrontare i consumi dei diversi apparecchi e di scegliere l'elettrodomestico che consuma meno. La lettera A indica consumi minori. Le lettere dalla B in poi indicano consumi via via maggiori.*

**Il frigorifero e il congelatore**

Prima di acquistarne uno nuovo confrontiamo i consumi sull'etichetta energetica. Per esempio scegliendo un modello in classe "B" potremo in un anno spendere per l'energia elettrica circa la metà di quanto spenderemmo con un modello di classe "G" (vedi tabella).

**Alcuni piccoli consigli:**

- Lasciamo almeno 10 centimetri dietro, sopra e sotto l'apparecchio.
- Regoliamo il termostato su una posizione intermedia.
- Non introduciamo mai cibi caldi nel frigo o nel congelatore.
- Teniamo aperto lo sportello il più brevemente possibile.
- Controlliamo periodicamente la guarnizione dello sportello.

**CONSUMI ENERGETICI E COSTI ANNUI PER LE DIVERSE CLASSI DI FRIGORIFERI**

| Classe | Consumo (*) kWh/anno | Costo per l'energia elettrica (**) Euro/anno |
|---|---|---|
| A | inferiore a 344 | inferiore a 62,00 |
| B | tra 344 e 468 | tra 62,00 e 85,00 |
| C | tra 469 e 563 | tra 85,00 e 101,00 |
| D | tra 563 e 625 | tra 101,00 e 113,00 |
| E | tra 625 e 688 | tra 113,00 e 124,00 |
| F | tra 688 e 781 | tra 124,00 e 141,00 |
| G | superiore a 781 | oltre 141,00 |

(*) Consumo riferito ad un apparecchio tenuto sempre chiuso.
(**) Costo di 1 kWh: € 0,18.

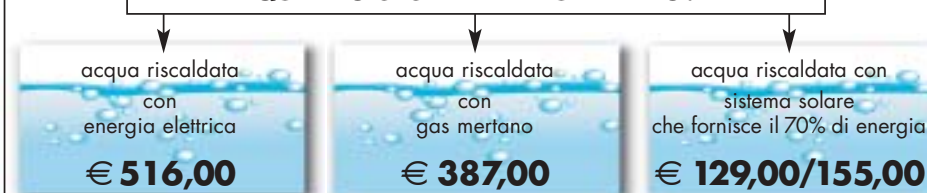
**Lo scaldabagno**

- Al momento dell'acquisto scegliamo un apparecchio a gas piuttosto che elettrico.
- Regoliamo il termostato a 45°C in estate e a 60°C in inverno,
- Cerchiamo di programmare l'accensione con un timer (quel dispositivo che regola automaticamente accensione e spegnimento).
- Effettuiamo periodicamente la manutenzione (ogni 2-3 anni) per eliminare calcio e incrostazioni.
- Se possiamo installiamo un pannello solare. Oltre ad un minor inquinamento dell'ambiente risparmieremo energia. Una volta ammortizzato il costo dell'impianto si disporrà di acqua calda gratuita ed ecologica.

**IL CONSUMO DI ACQUA CALDA DI UNA FAMIGLIA DI 4 PERSONE**

Una famiglia di 4 persone consuma in media 50-60 litri di acqua calda al giorno per persona, per un totale di 80-100 mila litri l'anno

**QUANTO SI SPENDE IN UN ANNO?**

| acqua riscaldata con energia elettrica | acqua riscaldata con gas metano | acqua riscaldata con sistema solare che fornisce il 70% di energia |
|---|---|---|
| € 516,00 | € 387,00 | € 129,00/155,00 |

Il risparmio annuo oscilla tra 230,00 e 360,00 Euro, ed in 5 anni si ammortizza una spesa di 1.300,00/1.550,00 Euro. Le agevolazioni statali consentono di detrarre dalle tasse il 41% delle spese di acquisto e di installazione. Ripagato il costo dell'investimento si disporrà di acqua calda gratuita ed ecologica.

**La lavatrice**

Prima di acquistarne una nuova confrontiamo i consumi sull'etichetta energetica, divenuta obbligatoria anche per le lavatrici dal maggio 1999.
Ricordiamo che ogni ciclo della lavabiancheria costa in media 0,23 Euro, a cui vanno aggiunti il costo di acqua e detersivo.
Ma con piccoli accorgimenti anche con questo elettrodomestico si può risparmiare fino al 30% sui consumi.

- Basta utilizzare la lavatrice solo a pieno carico o con il tasto economizzatore.
- Scegliere i programmi a basse temperature (40-60 gradi).
- Non superare le dosi di detersivo consigliate, con grande vantaggio anche per la tutela dell'ambiente.
- Usare prodotti decalcificanti.

**La lavastoviglie**

Far funzionare la lavastoviglie comporta una spesa di energia e di detersivo fra le 103,00 e i 207,00 Euro all'anno.

**Per risparmiare possiamo:**

- Scegliere il programma più adatto alle nostre stoviglie.
- Preferire cicli "rapidi", "a freddo", "economici".
- Evitare l'asciugatura con l'aria calda.
- Non esagerare con il detersivo.

**Il forno elettrico**

Rispetto ai forni a gas, i forni elettrici sono certo più comodi (mantengono costante la temperatura al loro interno), ma anche meno economici: tenendoli accesi 2 ore a settimana con una temperatura di 200 gradi, costano 26,00 Euro all'anno, contro le 13,00 Euro di uno a gas.

**In ogni caso anche con un forno elettrico si può risparmiare:**

- Effettuando il preriscaldamento solo quando è strettamente indispensabile.
- Evitando di aprire troppo spesso lo sportello e spegnendo il forno un po' prima della fine della cottura.
- Il massimo del risparmio si ottiene con i forni a microonde, che dimezzano i tempi di cottura rispetto a quelli tradizionali.

| LA SPESA MENSILE PER ALCUNI ELETTRODOMESTICI | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | kWh | Euro (*) |
| **FRIGORIFERO** | | Sempre acceso | 60 | 11,00 |
| **ASCIUGACAPELLI** | 3 | Ore a settimana | 13 | 2,30 |
| | 1 | Ora a settimana | 4 | 0,70 |
| | 1/2 | Ore a settimana | 2 | 0,40 |
| **LAVATRICE** | 5 | Lavaggi a settimana | 28 | 5,00 |
| | 3 | Lavaggi a settimana | 17 | 3,00 |
| | 2 | Lavaggi a settimana | 11 | 2,00 |
| **SCALDABAGNO** | | Sempre acceso | 300 | 54,00 |
| | 6 | Ore al giorno | 146 | 26,30 |
| **TELEVISIONE** | 10 | Ore al giorno | 60 | 11,00 |
| | 6 | Ore al giorno | 36 | 6,50 |
| | 3 | Ore al giorno | 18 | 3,20 |
| | 1 | Ora al giorno | 6 | 1,10 |
| **LAVASTOVIGLIE** | 14 | Lavaggi a settimana | 22,4 | 4,00 |
| | 7 | Lavaggi a settimana | 11,2 | 2,00 |
| | 3 | Lavaggi a settimana | 4,8 | 0,90 |

(*) Costo di kWh: € 0,18.

## I TRASPORTI: VERSO UNA MOBILITÀ SOSTENIBILE

La crescente esigenza di mobilità di persone e merci è una caratteristica della società moderna. Ciò è dovuto non solo allo sviluppo economico, ma anche all'aumento del tempo libero, al decentramento delle attività produttive e delle residenze, a modelli di comportamento che vedono l'autovettura privata simbolo di libertà e di affermazione individuale.
Questo ha portato in Italia, come anche in altri paesi industrializzati, ad un aumento del volume del traffico passeggeri che nel 2001 ha raggiunto gli 898 miliardi di passeggeri per chilometro e a un aumento dei consumi energetici. Tra il 1970 e il 2000 l'Italia ha quasi triplicato il consumo di energia nel settore trasporti, raggiungendo circa un terzo dei consumi energetici nazionali. Nel 2002 circolavano quasi 34 milioni di autoveicoli, equivalenti a 57 veicoli ogni cento abitanti e 106 veicoli ogni chilometro di strada.
L'attuale sistema della mobilità, basato sulla gomma e sul trasporto individuale di persone e di merci, è tra le principali cause dell'inquinamento acustico e atmosferico (i trasporti sono responsabili di circa il 28% delle emissioni nazionali di gas inquinanti), di spreco energetico,



e della congestione del traffico che rendono sempre più insostenibile la vita nelle nostre città.
Sono anche aumentati i rischi per la salute conseguenti sia all'inquinamento acustico che a quello atmosferico. Secondo il Ministero dell'ambiente oltre il 72% della popolazione del nostro paese è esposta a livelli di rumorosità superiori ai limiti massimi previsti. Nelle città l'aumento di patologie polmonari oscilla tra il 9 e il 13%. È in aumento anche il numero di incidenti che coinvolgono pedoni, soprattutto bambini ed anziani, ciclisti e motociclisti. Ogni anno in Italia 6/7 mila persone muoiono per incidenti stradali e circa 200 mila rimangono ferite. Senza dimenticare i danni ai monumenti e l'occupazione di spazio pubblico da parte dei veicoli parcheggiati abusivamente.

Per migliorare la qualità della vita nelle nostre città e per ridurre i rischi per la nostra salute bisogna intervenire. Non solo migliorando l'efficienza energetica dei mezzi di trasporto e promuovendo modi di trasporto a ridotto impatto ambientale, in modo da ridurre l'uso di combustibile e le emissioni di gas inquinanti, ma anche favorendo una **"mobilità sostenibile".**

**Diverse sono le iniziative governative che vanno in queste direzioni. Ricordiamo:**

- Le disposizioni comunali di limitazione del traffico nelle città, nei giorni in cui la concentrazione atmosferica di ossido di carbonio e benzene supera i livelli di attenzione (DM 23 ottobre 1998).
- Il sistema degli incentivi, concessi dal governo italiano, per favorire l'acquisto di auto a basso consumo, a metano, a GPL e a trazione elettrica;
- Il recepimento delle direttive comunitarie euro 1,2,3,4 che stabiliscono i limiti di emissione di gas nocivi per le auto di nuova immatricolazione.
- I Decreti Ministeriali che impongono il controllo annuale delle emissioni dei gas di scarico degli autoveicoli in circolazione e che dettano le norme per la revisione dei veicoli a motore (DM del 5 febbraio 1996, del 30 dicembre 1997 e del 22 aprile 1998).

Altre iniziative mirano a potenziare il trasporto pubblico a rivalutare i percorsi pedonali e ciclabili in modo da disincentivare l'uso dell'auto privata. Tra queste:

- I Piani Urbani del Traffico (PUT) resi obbligatori per i comuni con più di 30.000 abitanti che hanno l'intento di migliorare la circolazione e la sicurezza stradale, ridurre i consumi energetici e le emissioni acustiche e di gas inquinanti.
- I fondi che le amministrazioni locali potranno utilizzare per finanziare progetti pilota di razionalizzazione della mobilità urbana che utilizzino mezzi di trasporto pubblici elettrici e veicoli a due ruote (Decreto 27 marzo 1998 "Mobilità sostenibile nelle aree urbane").
- L'istituzione della figura del Mobility Manager, responsabile della mobilità aziendale per ottimizzare gli spostamenti casa-lavoro dei dipendenti.
- La promozione di forme di uso multiplo delle autovetture, che prevedono il pagamento di una quota proporzionale al tempo d'uso e ai chilometri percorsi (taxi collettivi, car sharing, car pooling).

**Ma il solo impegno politico non basta. È indispensabile il nostro contributo.
Cosa possiamo fare in questo caso?**

- Approfittare naturalmente degli incentivi statali per l'acquisto di nuove macchine a basso consumo (si può passare da un consumo di 10 litri di benzina ogni 100 km a 5, con proporzionale riduzione di emissioni di $CO_2$).
- Metterci in regola con le direttive governative sul controllo degli scarichi. Sebbene l'automobile sia per qualche spostamento insostituibile, possiamo sicuramente integrare il suo uso con mezzi collettivi di trasporto, quali gli autobus, la metropolitana e il treno.
- Non dimentichiamo i vantaggi di una salutare attività fisica. Una passeggiata giornaliera di 30 minuti a piedi o in bicicletta può ridurre fino al 50% il rischio di contrarre malattie cardiocircolatorie, fino al 50% il rischio di sviluppare diabete ed obesità e del 30% di sviluppare ipertensione. È interessante notare che in 30 minuti di camminata si percorrono circa 3 km di strada, che è la distanza entro cui rientrano il 30-40% dei nostri spostamenti giornalieri. Quindi quando è possibile, facciamo una passeggiata e lasciamo in garage la macchina. Contribuiremo sicuramente a migliorare la qualità della vita nelle nostre città, con notevoli benefici anche per la salute e la sicurezza.

Ricordiamo che il costo annuo di un'auto di media cilindrata che percorre circa 10.000 km è di circa 2.600,00 Euro. Ma uno stile di guida più attento può contribuire, oltre a far diminuire gli incidenti, a ridurre questa spesa fino al 20%:

- superare limiti di velocità consigliati non è compatibile nè con la sicurezza nè con il consumo di carburante che può aumentare anche del 50%;
- la periodica regolazione di accensione e carburazione può far risparmiare fino al 10%;
- una leggera sgonfiatura dei pneumatici provoca un aumento del consumo di carburante del 2 o 3%;
- la disposizione dei carichi incide negativamente sui consumi;
- contrariamente a quello che si crede, è importante evitare di fare girare molto il motore da fermo per riscaldarlo.

## I RIFIUTI: COSA SI PUÒ FARE?

I rifiuti possono essere una preziosa fonte di energia e di materie prime che potrebbero essere in gran parte riutilizzati, riducendo così i costi di smaltimento e il degrado dell'ambiente.

In Italia nel 2002 sono stati prodotti oltre 29 milioni di tonnellate di rifiuti solidi urbani, di cui il 50-60% direttamente dalle famiglie. Questo significa che una famiglia di 4 persone produce ogni giorno, in media, quasi 6 kg di rifiuti.

Il governo, con il "Decreto Ronchi" (Dlgs n. 22/97), ha introdotto la "gestione integrata" dei rifiuti, che mira ad ottimizzare il loro riutilizzo, riciclo, recupero e smaltimento. Il decreto intende incentivare il riciclaggio e il recupero energetico attraverso lo sviluppo della raccolta differenziata, il recupero degli imballaggi e il nuovo sistema di tariffa. È prevista, infatti, la sostituzione della "tassa per lo smaltimento rifiuti", oggi calcolata in base ai metri quadri dell'abitazione, con una "tariffa" che tiene conto della quantità di rifiuti prodotta. Chi recupererà una parte dei rifiuti e contribuirà alla raccolta differenziata avrà diritto ad una riduzione proporzionale della tariffa.
Il contributo che noi consumatori possiamo dare è quello di cercare di produrre una minore quantità di rifiuti, soprattutto di imballaggi.
Nel 2002, gli imballaggi consumati in Italia hanno abbondantemente superato 11 milioni di tonnellate, pari al 35% del totale dei rifiuti solidi urbani prodotti.



Conviene inoltre contribuire ad effettuare la raccolta differenziata.
La separazione dei rifiuti è la condizione essenziale per poter recuperare materiali di buona qualità, riutilizzabili e vendibili nel mercato del riciclaggio, e per far sì che i rifiuti destinati alla produzione di energia siano privi di materiali tossici e pericolosi. Nel 2002 solo il 19% dei rifiuti prodotti è stato raccolto in modo differenziato.
Non dimentichiamo che esistono anche rifiuti tossici e pericolosi per l'ambiente e per l'uomo: sono le pile elettriche, i medicinali scaduti e gli oli esausti.
Per legge devono essere raccolti negli appositi contenitori. Facciamolo sempre anche noi. Questi rifiuti, una volta raccolti, vengono resi innocui con speciali procedimenti chimici e fisici.

i

| Composizione media dei rifiuti prodotti in Italia | |
|---|---|
| Frazione organica | 30% |
| Carta e cartone | 27% |
| Plastica e gomma | 14% |
| Vetro | 7% |
| Metalli | 5% |
| Tessile e legno | 7% |
| Altro | 10% |

| Smaltimento dei rifiuti (2001) | |
|---|---|
| Smaltiti in discarica | 67,1% |
| Agli impianti di incenerimento | 8,7% |
| Agli impianti di produzione composta | 18,5% |
| Altre forme di recupero | 5,7% |

## COME UTILIZZARE L'ACQUA IN MODO SOSTENIBILE?

In Italia circa il 60% dei consumi d'acqua è impiegata in agricoltura, il 25% nell'industria e il 15% in campo civile.
Anche se l'uso nel settore civile è quantitativamente meno rilevante rispetto al consumo globale dell'acqua, è qui che si consuma la quasi totalità dell'acqua potabile, che viene prodotta a partire dalle risorse di migliore qualità. Purtroppo, la cattiva condizione della nostra rete idrica fa sì che quasi 1/3 dell'acqua immessa nei nostri acquedotti viene persa strada facendo.
Dei 250 litri che ognuno di noi consuma al giorno per gli usi domestici, solo una parte viene utilizzata per il consumo diretto, per cucinare o per l'igiene personale, usi che richiedono la più alta qualità. Mentre la parte prevalente viene impiegata per usi non privilegiati: sciacquoni, macchine per lavare, lavaggio di pavimenti, giardinaggio, o persa per incuria.

Non solo: l'acqua prima di uscire dal nostro rubinetto deve essere pompata, depurata, canalizzata e, per alcuni usi, anche riscaldata. Quindi sprecare acqua significa anche sprecare energia.
Ricordiamo che esistono in commercio alcuni erogatori di acqua che riducono la portata del flusso, e che permettono così di risparmiare sulle spese di acqua e di energia. Questi dispositivi, miscelano l'acqua aumentandone la pressione e arricchendola d'ossigeno. L'acqua esce così in quantità minore, ma con maggior potenza lavante.

Questa figura dimostra come le nostre abitudini quotidiane possono tradursi in sprechi o in notevoli risparmi di una fonte preziosa come l'acqua e dell'energia che serve per portarla nelle nostre case.

**I COSTI ENERGETICI DELL'ACQUA: CONSUMI PER PERSONA E PER ANNO**

| | Litri di petrolio | Litri d'acqua |
|---|---|---|
| DOCCIA | 320 | 25.000 |
| BAGNO | 620 | 50.000 |
| RUBINETTO TRADIZIONALE | 240 | 44.000 |
| RUBINETTO A RISPARMIO D'ACQUA | 150 | 23.400 |
| LAVATRICE TRADIZIONALE | 55 | 4.700 |
| LAVATRICE BASSO CONSUMO | 40 | 2.600 |
| LAVASTOVIGLIE TRADIZIONALE | 250 | 7.300 |
| LAVASTOVIGLIE BASSO CONSUMO | 160 | 3.650 |

# PERCHÉ UNO SVILUPPO SOSTENIBILE?

La nostra società vive la contraddizione tra i vantaggi che lo sviluppo le assicura e il degrado dell'ambiente derivante dallo sfruttamento delle risorse, che non possono essere rinnovate con la stessa velocità con la quale sono utilizzate.
Infatti, lo sviluppo economico e l'aumento dei consumi che si sono avuti nel XX secolo, se da una parte hanno portato benessere per larghi strati della popolazione, dall'altra hanno aumentato le disuguaglianze sociali ed economiche, sia tra le varie nazioni che tra gli strati di popolazione all'interno delle nazioni stesse. Ricordiamo che oggi circa il 20% della popolazione mondiale utilizza più dell'80% delle risorse naturali disponibili, mentre un altro 20% rimane in condizioni di assoluta povertà. Non vi è perciò alcun dubbio che i paesi più poveri dovranno in futuro poter accedere a una maggior quota di risorse per garantire ai propri cittadini più salute e sicurezza sociale.
Inoltre le attività industriali e agricole necessarie a soddisfare i bisogni della popolazione provocano effetti sull'ambiente che non sono più trascurabili.

***"I limiti dello sviluppo"***

*Un primo allarme sul conflitto tendenziale tra crescita economica e demografica e ambiente, fu dato dal Club di Roma che pubblicò nel 1972 uno studio "I limiti dello sviluppo", dove si sosteneva l'impossibilità di continuare nel lungo periodo a perseguire il modello di sviluppo tipico dei paesi industrializzati, ad alto consumo di materiali e di energia ed elevate emissioni di inquinanti.*



***La crescita del consumo nel XX secolo***

*Il consumo mondiale è aumentato ad una velocità senza precedenti durante il XX secolo raggiungendo durante il 2003 un livello di spese e di consumo pubbliche e private pari a 28 mila miliardi di dollari. Sei volte superiore a quello raggiunto nel 1950. A partire dal 1970 la spesa globale è cresciuta ad un tasso annuo del 3%.*
*L'impiego di combustibili fossili è pressoché quintuplicato dal 1950. Il consumo di acqua è quasi raddoppiato dal 1960, e la pesca è quadruplicata. Il consumo di legname come combustibile, sia per l'industria che a livello familiare, è ora il 40% più elevato rispetto a 25 anni fa. Conseguentemente le emissioni di anidride carbonica sono quadruplicate negli ultimi 50 anni e, nei paesi industrializzati, la produzione di rifiuti sia tossici che no è pressoché triplicata negli ultimi 20 anni.*

***L'aumento della popolazione mondiale***

*Oggi sul pianeta vivono circa 6 miliardi di persone e di queste circa 2,6 miliardi vivono in aree urbane. All'inizio del secolo appena il 3% della popolazione viveva nelle città. Oggi circa la metà dell'umanità è urbanizzata. Anche se il tasso di crescita della popolazione mondiale continua a rallentare, (in cifre assolute la popolazione umana aumenta in media di 86 milioni di persone ogni anno), la popolazione urbana cresce più rapidamente della popolazione globale e quasi tutta la crescita prevista della popolazione urbana (il 92%) avverrà nei paesi in via di sviluppo.*
*Nel 2050 saremo 9,5 miliardi, di cui più di 8 nei paesi in via di sviluppo.*
*Soddisfare le esigenze di tutti significherà aumentare ulteriormente i consumi.*

# I CONSUMI E L'AMBIENTE

La crescita nei consumi degli ultimi 50 anni sta creando pressioni sull'ambiente che chiedono un intervento. L'attenzione è rivolta soprattutto sul problema del deterioramento delle risorse, acqua, terra, foreste, sulla perdita di biodiversità, sulla produzione di rifiuti tossici e no, e sul problema dell'inquinamento prodotto dall'impiego dei combustibili fossili.

## IL DETERIORAMENTO DELLE RISORSE NATURALI

**L'acqua** è una risorsa rinnovabile ma a causa del progressivo scadimento della sua qualità non può essere considerata una risorsa infinita.
Dal 1960 ad oggi il consumo di acqua è quasi raddoppiato. L'origine dell'inquinamento delle acque è dovuto soprattutto alle attività industriali, civili e agricole e, in misura minore, alle attività zootecniche, alle discariche di rifiuti e al sovrasfruttamento delle falde.

Una forma di inquinamento alla quale sono soggetti soprattutto i laghi è la cosiddetta *eutrofizzazione*. Questo fenomeno è causato dal forte afflusso nelle acque di alcune sostanze nutritive presenti negli scarichi domestici e industriali e nei concimi agricoli. L'eccesso di apporto di sostanze nutrienti provoca un eccessivo sviluppo di alghe e piante acquatiche che riducono l'ossigeno presente nell'acqua causando la morte della fauna presente. Inoltre, alla fine del loro ciclo vitale, le alghe vanno in decomposizione compromettendo la qualità dell'acqua al punto tale da ridurne o precluderne l'uso. Il fenomeno si intensifica quando la temperatura aumenta in maniera anomala.

**Le foreste mondiali**, che proteggono il suolo, prevengono l'erosione, regolano le scorte d'acqua e aiutano a regolare il clima, si stanno riducendo soprattutto a causa dei tagli e incendi degli alberi. Dal 1970 le aree boschive, ogni mille abitanti sono passate da 11,4 chilometri quadrati a 7,3. Fra le cause principali della *deforestazione* possiamo ricordare: i tagli per la commercializzazione del legno, per l'urbanizzazione del territorio, per creare pascoli e per aumentare i terreni ad uso agricolo. La deforestazione indiscriminata può provocare l'estinzione di specie animali e vegetali e può compromettere la biodiversità di un luogo. Inoltre, contribuisce ad aumentare l'effetto serra del pianeta, in quanto con la distruzione delle foreste viene ridotta la quantità di anidride carbonica utilizzata dalle piante come "alimento".

Un sesto del **suolo terrestre**, circa 2 miliardi di ettari, risulta degradata a causa di pratiche di coltivazione e dell'allevamento intensivo.
Il 33% della superficie dell'Europa è minacciato dalla desertificazione, mentre il 10% delle terre italiane è a forte rischio di *erosione*, cioè di un lento sgretolamento del terreno e delle rocce prodotto dagli agenti atmosferici quali temperatura, vento, pioggia.
La *desertificazione* è un processo di progressiva riduzione della capacità degli ecosistemi di sostenere la vita animale e vegetale. Può essere innescato: dalla riduzione delle risorse idriche e dall'aumento della siccità conseguenti ai cambiamenti di clima; dall'eccessivo sfruttamento dei terreni da pascolo e agricoli, che una volta esaurita la propria riserva di sostanze nutritive vanno soggetti ad erosione; dall'indiscriminato abbattimento del manto forestale per creare spazi da dedicare all'agricoltura, alla pastorizia e per reperire legna da ardere; dalla cattiva gestione dei sistemi d'irrigazione che può portare alla salinizzazione dei terreni.

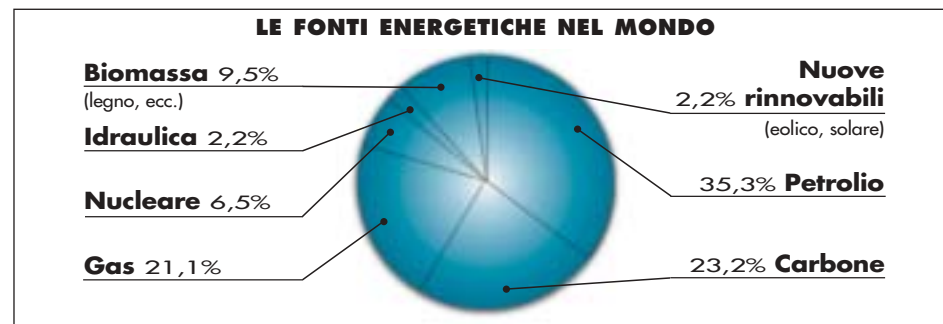
**Le specie animali e vegetali** si stanno estinguendo 50-100 volte più velocemente di quanto accadrebbe naturalmente, provocando interruzioni nella catena della vita, compromettendo così la biodiversità degli ecosistemi.
Per *biodiversità* si intende la varietà di organismi viventi, sia animali che vegetali, presenti in un particolare ambiente o ecosistema. Le attività umane, con il prelievo di risorse, l'inquinamento e la desertificazione possono provocare una perdita di biodiversità. Per conservare un'alta biodiversità è necessario, quindi, garantire la conservazione del maggior numero possibile di ecosistemi con caratteristiche differenti.

### LA PRODUZIONE DI RIFIUTI

La produzione di crescenti quantità di rifiuti è uno dei segni distintivi della società contemporanea. Alla crescita dello sviluppo produttivo, e quindi dei consumi, è associata una crescita dei rifiuti prodotti. Oltre ad aumentare in termini quantitativi, i rifiuti sono cambiati anche in qualità e, con essa, ne è aumentata anche la pericolosità per l'ambiente.
Nei paesi industrializzati tale produzione è pressoché triplicata negli ultimi 20 anni.
Ogni europeo produce quasi 1,5 kg di rifiuti al giorno, un americano tre volte di più, un abitante dei paesi in via di sviluppo cinque volte di meno.
Una non corretta gestione dei rifiuti determina gravi fenomeni di inquinamento e di compromissione delle risorse (aria, acqua e suolo), rendendole non più fruibili da parte dell'uomo se non a prezzo di interventi di ripristino molto costosi.
Una corretta gestione dei rifiuti, oltre a contribuire a ridurre le emissioni di gas serra, in particolare di metano, può contribuire a recuperare energia, sia attraverso il riuso dei materiali che attraverso un loro utilizzo come combustibile.



# L'ENERGIA E L'AMBIENTE

È ormai accertato che è soprattutto dall'esigenza di disporre di grandi quantità di energia che nascono i principali fenomeni che danneggiano l'ambiente.
Oggi l'energia viene oggi prodotta essenzialmente bruciando combustibili fossili quali petrolio, carbone e metano, anche se negli ultimi anni si è registrato un aumento dell'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili.

### Le fonti di energia non rinnovabili: i combustibili fossili

*I combustibili fossili sono presenti in natura e si sono originati dalla decomposizione di sostanze organiche avvenuta milioni di anni fa. Vengono dette "fonti energetiche non rinnovabili" in quanto si trovano in natura in quantità limitata e hanno bisogno di tempi estremamente lunghi, intere ere geologiche, per riformarsi.*
*Oggi, petrolio, carbone e gas naturale soddisfano oltre l'80% del fabbisogno energetico mondiale.*
*Considerando che la domanda globale di energia sta aumentando a un ritmo di circa il 2% l'anno, si pone il problema di far fronte ad una loro eventuale scarsità.*
*Le previsioni sulla consistenza delle riserve sulle quali potremo contare nel futuro sono abbastanza varie. Comunque, un loro esaurimento fisico non è imminente, si parla di una disponibilità per almeno alcuni decenni ancora, sia perché negli ultimi vent'anni le riserve accertate sono gradualmente aumentate grazie al ritrovamento di nuovi giacimenti, e sia perché nuove tecnologie hanno permesso di sfruttare maggiormente i giacimenti esistenti.*
*Ma i conflitti locali e internazionali che coinvolgono i paesi produttori rendono incerta la disponibilità di greggio e la stabilità del prezzo (nel 2002 è aumentato del 50% rispetto del 2001 raggiungendo il valore di 30 dollari il barile). Per questo i paesi acquirenti si stanno orientando verso una politica di diversificazione delle zone di approvvigionamento e di diversificazione delle fonti energetiche.*

### Le fonti di energia rinnovabili

*Si definiscono fonti "rinnovabili" di energia quelle fonti che, a differenza dei combustibili fossili e nucleari, destinati ad esaurirsi in un tempo finito, possono essere considerate virtualmente inesauribili.*

*Esse comprendono l'energia solare che investe la terra e quelle che da essa derivano: l'energia idraulica, del vento, delle biomasse, delle onde e delle correnti. Sono inoltre considerate come tali l'energia geotermica, presente in modo concentrato in alcuni sistemi profondi nella crosta terrestre e l'energia dissipata sulle coste dalle maree, dovute all'influenza della luna.*
*Infine, anche i rifiuti, in parte per la loro composizione, in parte perché la loro produzione inevitabilmente accompagna la vita e le attività dell'uomo, vengono considerati fonte di energia rinnovabile.*
*Opportune tecnologie consentono di convertire la fonte rinnovabile di energia in energia secondaria utile, che può essere termica, elettrica, meccanica e chimica.*
*L'impatto sull'ambiente varia significativamente a seconda della fonte e della tecnologia, ma in ogni caso è nettamente inferiore a quello delle fonti fossili. In particolare, le emissioni di gas serra sono molto contenute e limitate solo ad alcune fonti.*
*Nel futuro sarà necessario, oltre che auspicabile, aumentare la produzione di energia da fonti rinnovabili sia per far fronte ai problemi del degrado dell'ambiente che per fronteggiare l'esauribilità delle fonti fossili.*
*In Italia, nel 2001, le fonti rinnovabili hanno coperto circa il 10,5% del fabbisogno energetico nazionale, pari a 17,6Mtep. Si intende raddoppiare il contributo delle rinnovabili al 2010, portandolo a 24 Mtep.*

I gas inquinanti che una volta immessi nell'atmosfera danneggiano l'ambiente, vengono prodotti soprattutto dagli autoveicoli, dagli impianti di riscaldamento, dalle centrali termoelettriche, dagli inceneritori e dalle industrie.
Queste attività sono tipicamente concentrate nelle città e in alcune zone industriali, dove di conseguenza si generano aree fortemente inquinate.
Oltre a provocare questa forma di "*inquinamento locale*", elevate quantità di gas inquinanti emesse nell'atmosfera, possono far sentire i loro effetti negativi anche a distanza di centinaia e migliaia di chilometri dal punto di emissione. Si ha, in questo caso, il cosiddetto "*inquinamento regionale o transfrontaliero*" che si manifesta con fenomeni quali le piogge acide e lo smog fotochimico.
Si hanno effetti anche su "*scala globale*", con fenomeni quali lo assottigliamento dello strato di ozono stratosferico, l'aumento dell'effetto serra e i possibili cambiamenti climatici.

## L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Negli impianti che utilizzano combustibili fossili non si genera solo energia, ma vengono liberati nell'aria anche vapor acqueo e anidride carbonica. Inoltre, dato che il combustibile non brucia mai completamente, oltre all'anidride carbonica vengono emessi gas che sono inquinanti, quali l'ossido di carbonio, il metano e altri idrocarburi, oltre che ossidi di azoto e di zolfo. Una elevata concentrazione di questi gas nell'atmosfera causa la formazione dello **smog fotochimico**, delle **piogge acide** ed è responsabile dell'aumento del naturale **effetto serra** del pianeta.
Ulteriori sostanze nocive, sono emesse dai motori delle automobili. Tra queste i composti organici volatili COV, le particelle sospese, solide e liquide, che possono trasportare anche piombo, e gli idrocarburi aromatici quali il benzene. Questi inquinanti soprattutto nelle città sono responsabili di gravi fenomeni di inquinamento localizzato e possono provocare **danni alla salute** dell'uomo.
Altre forme di inquinamento atmosferico sono provocate da vari processi industriali oppure dall'uso di particolari sostanze, per esempio i clorofluorocarburi (CFC), presenti ancora nei circuiti di vecchi frigoriferi e di vecchi impianti di condizionamento. Queste sostanze, una volta liberate nell'atmosfera, raggiungono lo strato di **ozono** stratosferico e, attraverso reazioni chimiche distruggono le molecole di ozono che schermano la Terra dai raggi ultravioletti nocivi emessi dal Sole.



### Le piogge acide

*L'impiego di combustibili fossili provoca l'emissione di diversi gas che, pur non essendo gas ad effetto serra, hanno effetti negativi sull'ambiente. Infatti, sottoprodotti tipici delle centrali termoelettriche, di alcune attività industriali, degli scarichi dei motori delle automobili e degli impianti di riscaldamento domestico, sono l'anidride solforosa e gli ossidi di azoto. Questi gas una volta raggiunta l'atmosfera reagiscono con l'umidità dell'aria dando origine a composti acidi che vengono portati a terra dalla pioggia. Queste "piogge acide", oltre ad avere effetti negativi sulla salute dell'uomo, danneggiano la vegetazione, gli edifici, i monumenti e avvelenano le acque dei laghi e dei fiumi con gravi conseguenze anche sulla fauna.*

MECCANISMI DI GENERAZIONE DELLE PIOGGE ACIDE

### Lo smog fotochimico

*Per smog fotochimico si intende la presenza nell'aria di alte concentrazioni di ozono e altre sostanze inquinanti. La formazione dello smog fotochimico è dovuta a reazioni chimiche che avvengono per azione delle radiazioni solari (da cui il termine fotochimico) sulle molecole degli ossidi di azoto e carbonio, e sui composti organici volatili.*
*Gli inquinanti fotochimici e l'ozono in particolare producono danni alla vegetazione, sono all'origine del deterioramento dei monumenti, di libri e documenti cartacei, e sono nocivi alla salute umana.*

### L'effetto serra

*La Terra è circondata da un involucro gassoso, l'atmosfera, costituita da una miscela di gas (azoto 76%, ossigeno 22%, argon 1,3%, anidride carbonica 0,03% e vapor acqueo in quantità variabili ma inferiori allo 0,3%). Grazie alla presenza di questi gas è stato possibile l'origine e lo sviluppo delle forme viventi sul pianeta.*
*L'effetto serra è quel fenomeno che garantisce che sulla superficie della Terra la temperatura mantenga i valori ottimali per l'evoluzione della vita.*
*La terra assorbe i raggi del Sole e li riemette verso l'alto sottoforma di energia termica. Una parte di questa energia termica è assorbita dalle molecole di vapore acqueo e anidride carbonica, che intrappolano in questo modo, come i vetri di una serra, il calore proveniente dal sole. Questi gas, detti appunto gas serra, garantiscono un equilibrio termico tale da consentire la vita sulla Terra. Senza l'effetto serra la Terra sarebbe molto più fredda (avrebbe una temperatura media di circa 30 gradi centigradi inferiore a quella attuale che è di 15°C). L'anidride carbonica, oltre ad intervenire in numerosi processi biologici quali la fotosintesi clorofilliana, attraverso la quale viene utilizzata dalle piante verdi come "alimento", contribuisce a regolare il naturale effetto serra del pianeta. La quantità di anidride carbonica ottimale è garantita dalla presenza di piante verdi, in particolare dalle grandi foreste, e attraverso l'assorbimento da parte degli oceani.*
*Un aumento di anidride carbonica nell'atmosfera, causato soprattutto dagli impianti di produzione di energia e dalla deforestazione incontrollata, provoca un graduale aumento dell'effetto serra con conseguente riscaldamento del pianeta e possibili mutamenti del clima, con effetti quali la desertificazione, lo scioglimento dei ghiacciai e l'aumento del livello del mare.*
*Oltre all'anidride carbonica esistono altri gas serra quali il metano ($CH_4$), il protossido di azoto ($N_2O$) , i clorofluorocarburi (CFC) e gli halons che non sono direttamente imputabili alla produzione di energia ma ad alcune produzioni industriali, agli allevamenti, alle coltivazioni, alle discariche ecc..*
*Dall'epoca della rivoluzione industriale in poi, il contenuto di anidride carbonica nell'atmosfera è del 30% più elevato, il metano del 145%.*

### I danni alla salute dell'uomo

*L'inquinamento atmosferico provoca danni alla salute dell'uomo e delle altre specie viventi. Gli ossidi di zolfo e azoto inalati in quantità elevate possono provocare danni all'apparato respiratorio.*
*L'ossido di carbonio una volta inalato raggiunge gli alveoli polmonari e passa così nel sangue riducendone la capacità di portare ossigeno ai tessuti. Questo può provocare danni sul sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare.*
*Il piombo, una volta assorbito per inalazione, entra nel circolo sanguigno e si distribuisce in quantità decrescenti nelle ossa, nel fegato, nei reni, nei muscoli, e nel cervello. Questo può causare principalmente anemie e danni al sistema nervoso.*
*Tra i composti organici volatili i più tossici sono quelli aromatici tra cui il benzene che può procurare danni al sistema nervoso e di cui è stato accertato il potere cancerogeno sull'uomo.*

### L'ozono

*L'ozono è un gas normalmente presente nell'atmosfera, sia in prossimità del suolo (troposfera) che negli strati più alti tra i 15 e i 60 chilometri di quota (stratosfera).*
*Nella troposfera l'ozono si forma per effetto delle radiazioni solari sulle molecole di ossigeno.*
*Nella stratosfera, invece, l'ozono si forma continuamente, per effetto delle radiazioni ultraviolette solari sulle molecole di ossigeno. Qui va a costituire un vasto strato gassoso che, agendo da schermo, assorbe le radiazioni ultraviolette nocive provenienti dal sole.*
*Le attività umane possono alterare questi equilibri. Infatti, attraverso complesse reazioni fotochimiche in cui intervengono gli ossidi di azoto e gli idrocarburi provenienti dagli scarichi delle automobili, si produce un aumento della concentrazione dell'***ozono troposferico.** *L'ozono dunque non viene emesso come tale dalle attività umane, ma è un inquinante secondario le cui concentrazioni tendono ad aumentare durante i periodi caldi e soleggiati dell'anno.*
*Un eccesso di ozono al suolo danneggia la vegetazione, ma anche manufatti quali tessuti e gomme, e contribuisce alla formazione delle piogge acide e delle foschie calde che determinano la formazione di cappe di smog sulle grandi città.*
*Mentre l'***ozono stratosferico** *viene danneggiato dagli ossidi di azoto e da alcuni composti del cloro (CFC), contenuti nelle bombolette spray e nei vecchi modelli di frigorifero. Questi gas, una volta raggiunta la stratosfera, distruggono le molecole di ozono provocando un preoccupante assottigliamento dello strato protettivo, soprattutto in corrispondenza dei poli terrestri. È il fenomeno comunemente chiamato "buco nell'ozono".*
*L'assottigliamento dello strato di ozono fa sì che aumenti l'intensità al suolo delle radiazioni ultraviolette emesse dal sole che possono essere nocive per la salute umana. Questo fenomeno crea allarmi soprattutto nel periodo estivo e durante le ore centrali della giornata, quando più ci si espone ai raggi solari e più intensa è la radiazione emessa.*

## LE ATTIVITÀ UMANE POSSONO CAMBIARE IL CLIMA DEL PIANETA

La conseguenza ambientale più preoccupante dell'aumento dell'effetto serra è la possibilità che si verifichino cambiamenti globali di clima. È infatti accertato che a partire dalla rivoluzione industriale, intorno al 1800, si è verificato un aumento del naturale effetto serra del pianeta. Questa alterazione sembra influire sull'equilibrio climatico della Terra. La preoccupazione maggiore non riguarda tanto il fatto che il clima possa cambiare a causa delle attività umane, quanto invece i tempi entro i cui i temuti cambiamenti climatici possono avvenire: tempi troppo ristretti

perché gli ecosistemi viventi e l'ambiente possano naturalmente adattarsi a tali cambiamenti.
Per valutare le informazioni scientifiche disponibili sui cambiamenti climatici, nel 1988 fu istituita una Commissione Scientifica Intergovernativa sui Cambiamenti Climatici, IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), costituita da alcune centinaia di scienziati.

### COSA SI PREVEDE PER LA TERRA?

Pur segnalando un largo margine di incertezza l'IPCC ha comunque ipotizzato che, senza specifiche politiche e misure per mitigare i cambiamenti climatici, la temperatura media della Terra aumenterà di circa 3 gradi entro il 2100. Questo aumento non sarà uniforme, sarà più alto ai poli e meno marcato nelle zone equatoriali e potrà modificare il regime delle piogge.
Questo significherebbe per alcune regioni la riduzione delle risorse idriche e l'aumento della siccità, con conseguente rischio di desertificazione, mentre per altre significherebbe il fenomeno opposto, crescita delle piogge, degli uragani e delle inondazioni.
È previsto anche un innalzamento del livello del mare valutato tra i 50 e i 100 centimetri entro il 2100, con l'allagamento e l'erosione di vaste aree costiere oggi intensamente popolate.
L'aumento delle temperature avrà anche effetti sulla salute, il più preoccupante è il rischio di diffusione, anche nelle zone temperate, di malattie infettive tipiche delle zone tropicali.

### E IN ITALIA?

I cambiamenti climatici comportano anche per l'Italia conseguenze negative.
Potrebbe, infatti, verificarsi una aridificazione delle regioni centromeridionali, l'infiltrazione salina di alcune falde con conseguente modificazione della produttività agricola. È previsto un aumento delle precipitazioni soprattutto nelle regioni centrosettentrionali, con crescite delle portate dei fiumi e la possibilità di eventi alluvionali. L'aumento della frequenza delle inondazioni e dell'erosione delle coste avrà conseguenze soprattutto per il Delta del Po e per la laguna di Venezia, che potrebbe essere soggetta molto più spesso al fenomeno dell'acqua alta.
Nell'ultimo secolo, il Mediterraneo si è innalzato di circa 15 centimetri, mentre a Venezia il livello dell'acqua si è alzato di oltre 23 centimetri, anche a causa del lento abbassarsi della città. L'innalzamento del livello del mare, tra i 25-30 centimetri entro il 2050, è destinato a produrre effetti soprattutto sulla fascia costiera: oltre alla riduzione delle spiagge, si prevede la riduzione dei terreni agricoli e la perdita di zone umide di acqua dolce che hanno notevole importanza per la pesca.

# UNO SGUARDO AL FUTURO

## VERSO LO SVILUPPO SOSTENIBILE

Negli anni '70 con "I limiti dello sviluppo" del Club di Roma si iniziò a parlare del conflitto tendenziale tra crescita economica e demografica e ambiente. Negli stessi anni aumenta la consapevolezza della dimensione planetaria della questione ambientale che ha portato allo sviluppo delle iniziative per la difesa dell'ambiente globale e locale, e alla nascita delle associazioni ambientaliste e delle NGO (Non Governmental Organizations). Per molto tempo la contrapposizione tra ambiente e sviluppo è sembrata non avere possibili soluzioni. Ma negli anni '80 cominciò a farsi strada un'idea, quella dello "sviluppo sostenibile", che individua una sintesi possibile del conflitto ambientale.
Nel 1987 il concetto di "sviluppo sostenibile" trovò una adeguata espressione e diffusione con il "rapporto Brundtland", della Commissione Mondiale per l'Ambiente e lo Sviluppo, che lo



definì come lo sviluppo "capace di soddisfare i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle future generazioni di soddisfare i loro propri bisogni".
Questa non è l'unica definizione accreditata, ma è stato il punto di partenza di un intenso percorso che ha portato a un fiorire di studi, promossi soprattutto dalle associazioni ambientaliste e dagli ambienti della ricerca, volti a dimostrare che gli attuali problemi ambientali sono la conseguenza di un uso eccessivo e inappropriato delle risorse naturali. Vi è stata anche una presa di coscienza a livello politico che si è tradotta in una serie di accordi presi a livello internazionale.

### COSA PROPONGONO LE ASSOCIAZIONI AMBIENTALISTE

Negli ultimi anni diverse sono state le ricerche e gli studi intorno alla tesi che l'umanità sta usando le risorse del pianeta al di sopra delle sue capacità di carico. E attraverso la definizione di concetti quali lo Spazio Ambientale e l'Impronta Ecologica cercano anche di stabilire qual è il livello di consumo di beni che può essere considerato sostenibile per un ecosistema.

La **capacità di carico**, "Carring Capacity", è un concetto sviluppato per valutare qual è la massima popolazione che può sopportare un determinato ambiente o ecosistema senza che venga compromesso. Si esprime come numero di individui per unità di superficie.
La Carring capacity dell'ecosistema globale stabilisce i limiti allo sviluppo. Ci dice che se vogliamo vivere in modo sostenibile dobbiamo essere sicuri che il nostro utilizzo di prodotti e processi della natura non sia più rapido del tempo che è loro necessario per rinnovarsi, e che il carico inquinante non deve essere superiore alla capacità di assorbimento e di adattamento del sistema.

Lo **Spazio Ambientale** è definito come il quantitativo di risorse, energia, acqua, territorio, materie prime non rinnovabili e legname che può essere consumato da ogni persona rispettando l'ambiente e i diritti degli altri esseri umani.
Questa metodologia introduce il "principio di equità", secondo cui ogni abitante della Terra ha diritto di accesso ad uno stesso quantitativo di spazio ambientale, o quota di risorse. Questo significa che l'uso di risorse fatto dai paesi più industrializzati deve ridursi drasticamente per consentire una crescita equa ai paesi in via di sviluppo senza ulteriormente superare la capacità del pianeta di rigenerarsi e di assorbire l'inquinamento. La teoria dello spazio ambientale viene anche utilizzata per valutare la sostenibilità delle politiche nel campo ambientale ed energetico.

Il concetto di **Impronta Ecologica** consente di misurare la superficie del territorio necessaria a supportare a lungo termine i consumi di un individuo, di un gruppo o di un determinato sistema socio-economico, come una città, una regione, uno stato o un continente.
I calcoli dimostrano che l'attuale consumo di prodotti agricoli, fibra di legno e combustibili fossili comporta una impronta ecologica che eccede la quantità di terra ecologicamente produttiva di quasi il 30%. In altre parole, avremmo bisogno di un pianeta Terra del 30% più grande (o ecologicamente produttivo) per sopportare gli attuali consumi senza impoverire gli ecosistemi.
Per un italiano medio l'Impronta ecologica è di 3,11 ettari, di cui 2,21 ettari di sistemi ecologici terrestri, e 0,9 ettari di sistemi produttivi marini. I 2,21 ettari sono una superficie produttiva oltre cinque volte quella disponibile entro il territorio nazionale, che ammonta a 0,44 ettari pro capite. Questo è un modo di dire che l'Italia dipende largamente dalle risorse di altri paesi.

Altri studi hanno messo a punto i concetti di **Zaino ecologico** e di **MIPS** (Intensità di Materiale per Unità di Servizio) per dare un'idea del quantitativo di risorse impiegato per realizzare una unità di servizio. Per far fronte agli eccessivi consumi di beni ed energia si sta riesaminando il modello di sviluppo dei paesi avanzati in favore di una maggiore **Eco-Efficienza**, di un maggior uso di tecnologie ambientalmente vantaggiose e di tecnologie pulite. Viene anche promosso lo sviluppo di processi favorevoli alla **Dematerializzazione** del ciclo produzione-consumo.
In ambienti della Unione Europea si studiano modelli di eco-efficienza con l'obiettivo del **Fattore 10** per migliorare l'uso di energia, territorio e risorse per ogni unità di prodotto.

**GLI IMPEGNI INTERNAZIONALI**

La consapevolezza della necessità di dover affrontare i problemi dell'ambiente unitamente, alla necessità di dover garantire un più equo sviluppo sociale ed economico, si è tradotta in impegno politico anche a livello internazionale.

***I percorsi dello sviluppo sostenibile***

*1979 A Ginevra viene firmata la convenzione sull'inquinamento atmosferico regionale o transfrontaliero, varata per affrontare i problemi legati all'acidificazione, eutrofizzazione e smog fotochimico.*
*1987 Protocollo di Montreal. Ampliato nel 1996 impegna i paesi firmatari ad eliminare gradualmente l'utilizzo e la produzione delle sostanze che riducono lo strato di ozono stratosferico.*
*1989 Convenzione di Basilea per controllare internazionalmente i movimenti transfrontalieri ed eliminare i rifiuti pericolosi per la salute umana e l'ambiente.*
*1991 Inizia la campagna dell'ICLEI (Consiglio Internazionale per le Iniziative Ambientali Locali) "Città per la protezione del clima", che offre sovvenzioni e assistenza tecnica alle città e ai paesi che aderiscono, per sostenere programmi e politiche che migliorano l'efficienza energetica e che si traducono in riduzioni delle emissioni di gas a effetto serra.*
*1992 A Rio de Janeiro si è tenuta la Conferenza Mondiale sull'Ambiente e lo Sviluppo. In quell'occasione è stata approvata la "Dichiarazione di Rio sull'Ambiente e lo Sviluppo, l'Agenda 21 e sono state firmate le Convenzioni sui Cambiamenti Climatici, sulla Biodiversità e gettate le premesse per quella contro la Desertificazione.*
*1993 Entra in vigore la Convezione sulla Diversità Biologica che obbliga i paesi a proteggere le specie animali e vegetali.*
*1995 Entra in vigore l'Accordo sugli Stock Ittici che regola la pesca in mare.*
*1996 Entra in vigore la Convenzione per la Lotta alla Desertificazione.*
*1997 Alla conferenza di Kyoto i paesi firmatari della Convenzione di Rio sui Cambiamenti Climatici definiscono un protocollo che stabilisce tempi ed entità della riduzione delle emissioni di gas serra entro il 2012 e individua esplicitamente le politiche e le azioni operative che si dovranno sviluppare.*
*1997 Viene istituito un Forum Intergovernativo sulle Foreste.*
*2001 Convenzione di Stoccolma per l'eliminazione degli inquinanti organici non degradabili.*
*2001 Gotborg. Il consiglio d'Europa adotta una strategia coesiva per uno sviluppo economicamente, socialmente ed ecologicamente sostenibile.*
*2002 New York. L'Unione Europea ratifica il Protocollo di Kyoto.*
*2002 Nairobi. L'Unione Europea ratifica il Protocollo sulla Biosicurezza.*
*2002 Johannesburg. A 10 da Rio si è tenuto il Summit Mondiale sullo Sviluppo Sostenibile. Vengono messi in risalto i problemi sociali ed economici mentre scendono in secondo piano quelli ambientali.*

La tappa fondamentale è stata il "Vertice della Terra" tenutosi a Rio de Janeiro nel 1992, dove il programma dello sviluppo sostenibile viene assunto, anche a livello governativo, come percorso obbligato per la sopravvivenza del pianeta.

**La conferenza di Rio**

Nel giugno del 1992 a Rio de Janeiro si è tenuta la Conferenza Mondiale sull'Ambiente e lo Sviluppo a cui hanno partecipato i rappresentanti dei governi dei paesi di tutto il mondo e delle Organizzazioni Non Governative (ONG). A Rio si sono discussi i problemi ambientali del pianeta e i loro legami con i problemi dello sviluppo sociale ed economico.
La Conferenza ha approvato la "Dichiarazione di Rio sull'Ambiente e lo Sviluppo", con cui gli Stati si sono impegnati a tutelare l'ambiente e a perseguire lo sviluppo sostenibile.
A Rio sono state firmate le Convenzioni sui Cambiamenti Climatici e sulla Biodiversità, e gettate le premesse per quella contro la Desertificazione. Firmando queste Convenzioni gli stati si sono impegnati ad adottare programmi e misure finalizzate alla prevenzione, controllo e mitigazione degli effetti delle attività umane sul pianeta.
Tra i documenti prodotti a Rio, particolare importanza ha l'"Agenda 21", un ampio e articolato programma di azioni per lo sviluppo sostenibile del pianeta da qui al 21° secolo.

***Le Agende 21 locali: il ruolo delle città***

*Una agenda 21 locale può essere descritta come uno sforzo comune, all'interno di una città, per raggiungere il massimo del consenso tra tutti gli attori sociali, riguardo la definizione e l'attuazione di un Piano di azione ambientale che guardi al 21° secolo.*
*L'ambiente urbano è un territorio particolarmente critico per quanto riguarda l'inquinamento legato al sistema energetico. Oltre i 2/3 della popolazione umana vive nelle città ed è qui esposta a miscele di agenti fisici e chimici dannosi alla salute.*
*Inoltre la città consuma spesso in modo inefficiente, grandi quantità di materie prime, energia e acqua che preleva in territori esterni, a volte anche molto lontani. E proprio perché è una consumatrice inefficiente, la città produce emissioni e rifiuti che non è in grado di contenere o riutilizzare, ma che esporta in aree esterne ai suoi confini.*
*Il ruolo della città è stato l'oggetto della Conferenza Internazionale sugli Insediamenti Urbani, "Habitat II", organizzata dalle Nazioni Unite a Istanbul nel giugno 1996, a cui hanno partecipato 10.000 delegati dei governi, affiancati da un forum di Organizzazioni Non Governative.*
*Dalla Conferenza di Istanbul è emerso che le città possono assumere un ruolo chiave nella transizione verso uno sviluppo sostenibile, poiché sono il luogo dove va ripensato in modo realistico e concreto un diverso rapporto fra sviluppo e ambiente.*
*In particolare è stato sottolineato che bisogna partire dalle esigenze dei cittadini e che bisogna favorire la loro partecipazione nelle scelte di politica ambientale locale, per poter formulare le migliori strategie per riqualificare da un punto di vista ambientale e sociale le aree urbane. In quest'ottica le "Agende 21 locali" diventano l'occasione per lanciare programmi di rinnovo edilizio nei centri e nelle periferie urbane, miranti a risparmiare e riciclare risorse naturali, garantire l'accessibilità con mezzi pubblici non inquinanti, migliorare la convivenza sociale e la qualità della vita di tutti. Vedono così la luce programmi innovativi di gestione dei rifiuti, utilizzo di energie rinnovabili, integrazione tra aree urbane e aree naturali.*

**La conferenza di Kyoto**

I Paesi firmatari della Convenzione di Rio sui Cambiamenti Climatici si sono riuniti più volte. Un appuntamento importante è stata la Conferenza di Kyoto nel dicembre 1997, in cui è stato definito un protocollo, che impegna i paesi firmatari a ridurre complessivamente entro il 2012, del 5,2% rispetto ai livelli del 1990, le principali emissioni di gas capaci di alterare il naturale effetto serra del pianeta. Nessun tipo di limitazione di gas serra viene previsto per i paesi in via di sviluppo, perché tale vincolo rallenterebbe o condizionerebbe la loro crescita. Il protocollo ribadisce, comunque, la necessità di trasferire tecnologie e di costruire capacità anche in questi paesi. Inoltre impegna i paesi firmatari alla protezione ed estensione delle foreste per favorire l'assorbimento delle emissioni di anidride carbonica.

**Percentuale di riduzione di gas serra entro il 2012 rispetto ai livelli del 1990**

| | |
|---|---|
| Mondo | 5,2% |
| Unione Europea | 8% |
| Russia | 0% |
| Stati Uniti | 7% |
| Giappone | 6% |
| Italia | 6,5% |
| Paesi in via di sviluppo | nessuna limitazione |

**I gas di cui bisogna ridurre le emissioni**

- *l'anidride carbonica, prodotta dall'impiego dei combustibili fossili in tutte le attività generiche industriali, oltreché nei trasporti;*
- *il protossido di azoto, gli idrofluorocarburi, i perfluorocarburi e l'esafloruro di zolfo impiegati nelle industrie chimiche manifatturiere;*
- *il metano, prodotto dalle discariche dei rifiuti, dagli allevamenti zootecnici e dalle coltivazioni di riso.*

**Le politiche e le azioni operative che si dovranno sviluppare per ridurre le emissioni sono:**

- *migliorare l'efficienza tecnologica e ridurre i consumi energetici nel settore termoelettrico, nel settore dei trasporti e in quello abitativo e industriale;*
- *promuovere azioni di riforestazione per incrementare le capacità del pianeta di assorbimento dei gas serra;*
- *promuovere forme di gestione sostenibile di produzione agricola;*
- *incentivare la ricerca, lo sviluppo e l'uso di nuove fonti di energie rinnovabili;*
- *limitare e ridurre le emissioni di metano dalle discariche di rifiuti e dagli altri settori energetici;*
- *applicare misure fiscali appropriate per disincentivare le emissioni di gas serra.*

Ad oggi il protocollo di Kyoto non è ancora stato ratificato da tutti gli stati che lo proposero nonostante le varie modifiche apportate per farlo diventare uno strumento economicamente conveniente. Infatti le misure nazionali sono state integrate da strumenti di cooperazione tra paesi. I "meccanismi di flessibilità" dovrebbero agevolare la diffusione di tecnologie ad alta efficienza nei paesi in via di sviluppo, consentendo ai paesi industrializzati di acquisire crediti di emissione commerciabili o iscrivibili nei propri registri di contabilità nazionale delle emissioni. Ad oggi, Stati Uniti e Autralia hanno abbandonato i negoziati, mentre l'adesione ancora incerta della Russia ne determinerebbe l'entrata in vigore. Comunque il solo fatto di essere arrivati ad un testo di accordo ha prodotto rilevanti conseguenze economiche e organizzative nel settore dell'energia. In particolare l'Unione Europea e quindi anche l'Italia, ha da subito recepito le indicazioni del protocollo.

## 2002 Johannesburg: a 10 anni da Rio

A 10 anni da Rio nel 2002 si è tenuto a Johannesburg il Summit Mondiale sullo Sviluppo Sostenibile. In tale occasione è emerso che nonostante i progressi riscontrabili (vedi tab. Un bilancio degli ultimi 10 anni), l'effettivo grado di attuazione degli impegni di Rio è insoddisfacente.
Gli obietivi dell'Agenda 21 non sono stati pienamente realizzati, le condizioni dell'ambiente risultano peggiorate e non vi è stata l'auspicata inversione di tendenza sui modelli di produzione e consumo.



A Johannesburg il tema centrale non è stato l'ambiente ma le problematiche sociali ed economiche legate allo sviluppo, in particolare la riduzione della povertà.
Il summit di Johannesburg si è concluso con l'adozione di tre importanti documenti: la *Dichiarazione sullo sviluppo sostenibile*, una dichiarazione politica con nuovi impegni per lo sviluppo sostenibile; un *Piano di implementazione* dell'agenda 21; e una *Lista di iniziative* per azioni specifiche.

**Un bilancio degli ultimi 10 anni:**

- *più di 6000 città hanno creato la loro "Agenda 21 locale";*
- *numerosi Paesi hanno preparato le agende 21 nazionali;*
- *numerose imprese hanno adottato i principi dello sviluppo Sostenibile prendendo in considerazione fattori di ordine economico, sociale ed ambientale;*
- *La Conferenza su Popolazione e Sviluppo (Cairo 1994), Il Vertice sullo Sviluppo Sociale (Copenhagen 1995), la Conferenza Internazionale sulla Donna (Pechino 1995), la Conferenza sugli Insediamenti Urbani, habitat II (Istanbul 1996), hanno consolidato l'impegno alla lotta per la diminuzione delle povertà e per lo sviluppo sociale;*
- *La struttura Globale per l'Ambiente è diventata la principale fonte di prestiti per i paesi in via di sviluppo e in transizione per sostenere progetti globali sull'ambiente;*
- *Le Convenzioni sui Cambiamenti Climatici, sulla Biodiversità e sui rifiuti nocivi, l'accordo sugli stock ittici, l'istituzione di un forum sulle foreste, l'ampliamento del protocollo di Montreal per la protezione dello strato dell'ozono stratosferico, mostrano l'impegno internazionale per la difesa dell'ambiente.*

## GLI IMPEGNI DELL'ITALIA

L'Italia ha dato il via all'attuazione dell'Agenda 21 approvando il Piano Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile con la delibera CIPE (Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica) del 28 dicembre 1993. Questo ha comportato una evoluzione del quadro legislativo e normativo in materia energetico-ambientale, anche perché l'Italia, in quanto membro dell'Unione Europea, è vincolata a recepire le direttive comunitarie.

### Il quadro legislativo energetico ambientale in Italia

- A livello europeo il "VI programma quadro di ricerca e sviluppo" fissa gli obiettivi e le priorità che fanno parte della strategia comunitaria per lo sviluppo sostenibile e per le politiche ambientali.
- La Commissione Mediterranea per lo Sviluppo Sostenibile istituita nel 1995 ha il mandato di avviare attività connesse alla promozione dello sviluppo sostenibile nella regione.
- Il Programma stralcio di tutela ambientale, approvato con decreto del Ministero dell'Ambiente il 28 maggio 1998, individua gli strumenti per promuovere lo sviluppo sostenibile, far fronte ai cambiamenti climatici, riformare la gestione dei rifiuti, risanare il territorio, le aree urbane e le acque, conservare e valorizzare il patrimonio naturale e la biodiversità, il mare, le coste e le isole minori.
- La delibera CIPE 2 del 19-11-1998 "Linee guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni dei gas serra" definisce le politiche e le misure nazionali per rispondere agli impegni assunti firmando il protocollo di Kyoto sulla riduzione delle emissioni dei gas serra.
- Con la legge 344/97 il governo si impegna a sviluppare e adottare misure per favorire la sostenibilità ambientale. La legge fornisce supporto tecnico e organizzativo allo sviluppo di tecnologie pulite e alla sostenibilità urbana. Definisce misure per il miglioramento della progettazione ambientale e per la formazione di nuove figure di tecnici e operatori per l'ambiente. Istituisce un marchio per la qualità ecologica per favorire le produzioni sostenibili. Prevede inoltre il rafforzamento dell'informazione e dell'educazione ambientale.

- Nel 2002 l'Italia ratifica come membro dell'Unione Europea il protocollo di Kyoto.

Oltre a definire un quadro legislativo entro cui operare, il governo italiano ha promosso diverse iniziative, come le politiche fiscali e tariffarie e gli incentivi economico/finanziari, finalizzate a promuovere lo sviluppo sostenibile e nuovi modelli di consumo presso istituzioni, operatori pubblici e privati e i singoli cittadini.
Ne citiamo alcune a completamento di quelle riportate nella prima parte dell'opuscolo.
Per promuovere una "Città sostenibile" ricordiamo la legge 344 del 1997 che prevede l'istituzione, da parte del Ministero dell'Ambiente, di premi e incentivi alle città che danno attuazione alle politiche ambientali nella direzione della sostenibilità.
I "Contratti di quartiere", con cui lo Stato, attraverso il Ministero dei Lavori Pubblici, ha messo a disposizione dei comuni fondi per la realizzazione di interventi di recupero urbano nelle aree periferiche degradate.
I "Piani di riqualificazione urbana", con cui il Ministero dei Lavori Pubblici finanzierà un numero considerevole di Comuni per operare interventi di riqualificazione urbana.
Ricordiamo anche i finanziamenti messi a disposizione con il **V e VI Programma quadro di Ricerca e sviluppo dell'Unione Europea**, per progetti che hanno come obiettivo lo sviluppo sostenibile.
**Per disincentivare l'uso dei combustibili tradizionali** l'Italia ha adottato, tra i primi in Europa, la cosiddetta "Carbon Tax" (DPCM n. 11 del 15 gennaio 1999) che tassa i consumi dei prodotti derivanti dai combustibili fossili in proporzione al loro contenuto di carbonio. Le entrate verranno impiegate anche per progetti diretti al risparmio energetico.
**Finalizzato invece ad informare il consumatore**, oltre l'etichetta energetica di cui abbiamo già parlato, è il marchio "Ecolabel" (ecoetichetta): un marchio europeo che indica un prodotto compatibile con l'ambiente. Ha per simbolo una margherita con le stelle come petali e la "E" di Europa al centro.
Inoltre, per far fronte alle cresciute esigenze di salvaguardia ambientale, il governo ha individuato **nuovi profili professionali**, come:

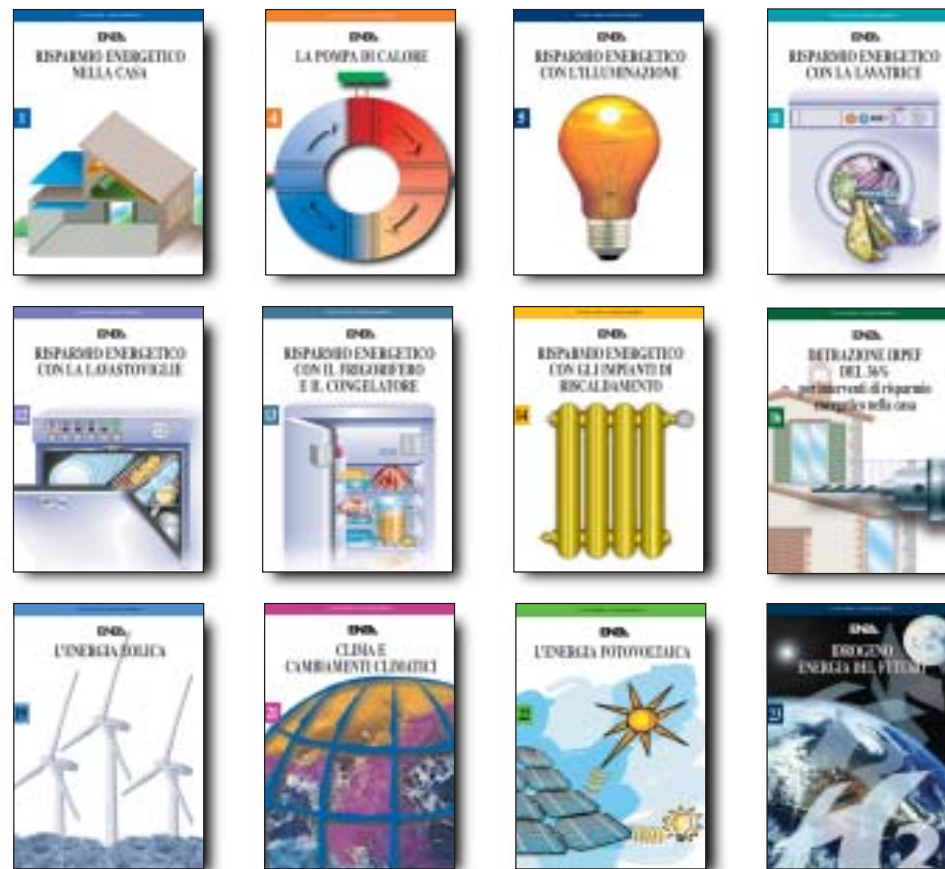
- l'Energy manager, responsabile per l'uso razionale dell'energia nei settori dell'industria, della pubblica amministrazione, dei trasporti e del terziario;
- il Mobility Manager, responsabile della mobilità aziendale per ottimizzare gli spostamenti casa-lavoro dei dipendenti in modo da ridurre l'uso dell'auto privata, contribuendo così al miglioramento dei fenomeni di congestione del traffico.

*"Perseguire un modello di sviluppo che sia sostenibile non è sicuramente una cosa semplice. Ma certamente uno sforzo congiunto tra cittadini e istituzioni potrà rendere meno difficile il cammino."*

**Per maggiori informazioni:**

**Siti web:** *ONU, Organizzazione Nazioni Unite:* ***www.un.org/esa/sustdev/*** • ***CCP,*** *Cities for Climate Protection:* ***www.iclei. org/co2*** • ***ENEA,*** *Ente per le Nuove tecnologie e l'Ambiente:* ***www.enea.it*** • ***FOE,*** *Friends of Earth:* ***www.amicidellaterra.it*** • ***IPCC,*** *International Panel on Climate Change:* ***www.ipcc.ch*** • ***IISD,*** *International Institute for Sustainable Development:* ***www.iisd.ca*** • *Club di Kyoto:* ***www.kyotoclub.it/***

**Testi:** ***"Sviluppo Sostenibile",*** *Alessandro Lanza, Il Mulino* • ***"Verso un'Europa Sostenibile",*** *Amici della Terra, Maggioli Editore* • ***"Futuro Sostenibile",*** *Wuppertal Institut, Editrice Missionaria* • ***"L'Impronta Ecologica",*** *M. Wackernagel, W. Rees, Edizioni ambiente, Milano* • ***"Fattore 4",*** *E.U. von Weizsacker et al., Edizioni ambiente, Milano* • ***"Per un libro verde sullo Sviluppo Sostenibile",*** *a cura di A. Federico, Enea, Roma 1998*

# Risparmiare energia e proteggere l'ambiente.

**L'ENEA** pubblica altri opuscoli sulle scelte più convenienti che tutti noi possiamo adottare per risparmiare energia e proteggere l'ambiente.

Potete richiedere gratuitamente gli opuscoli che vi interessano a:

**ENEA-Unità RES RELPROM**
Lungotevere Thaon di Revel, 76
000196 Roma - Fax 0636272288

ENEA

**ENTE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,**
**L'ENERGIA E L'AMBIENTE**

G18-033-0

EDITO DA: ENEA - LUNGOTEVERE THAON DI REVEL, 76 - 00196 ROMA - MAGGIO 2004 - DESIGN: WWW.MODOCOMUNICAZIONE.IT

# sommario



# L'ENERGIA FOTOVOLTAICA

Gli impianti fotovoltaici consentono di trasformare, direttamente e istantaneamente, l'energia solare in energia elettrica senza l'uso di alcun combustibile. Producono elettricità là dove serve, non richiedono praticamente manutenzione, non danneggiano l'ambiente e offrono il vantaggio di essere costruiti "su misura", secondo le reali necessità dell'utente.

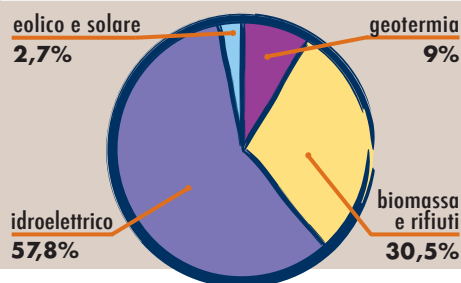
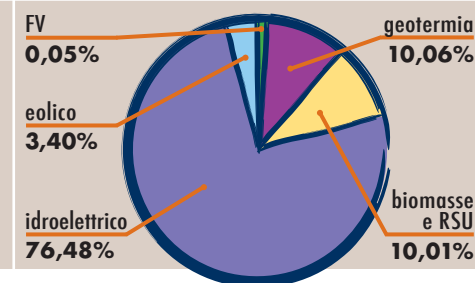
CURIOSITÀ

*Energia Fotovoltaica (FV) significa letteralmente "elettricità prodotta dalla luce"; "foto" deriva dal greco "phos" che significa "luce", e "Volt" dallo scienziato italiano Alessandro Volta inventore della pila.*

Il costo per la realizzazione di un impianto è ancora piuttosto elevato, ma installare un impianto fotovoltaico diventa economicamente conveniente quando intervengono forme di incentivazione finanziaria da parte dello Stato come è avvenuto negli anni passati con il programma "Tetti fotovoltaici" e come sta avvenendo adesso con il "Conto energia".

INFORMAZIONI

### Le fonti rinnovabili di energia

*Le fonti rinnovabili di energia sono quelle fonti che, a differenza dei combustibili fossili, possono essere considerate virtualmente inesauribili e che hanno un impatto sull'ambiente trascurabile.*
*Comprendono l'energia solare e quelle che da essa derivano: l'energia idraulica, eolica, delle biomasse, delle onde e delle correnti. Inoltre, sono considerate tali anche l'energia geotermica, i rifiuti e l'energia dissipata sulle coste dalle maree.*
*Con opportune tecnologie le fonti rinnovabili di energia possono essere convertite in energia secondaria utile che può essere termica, elettrica, meccanica e chimica.*
*Le fonti rinnovabili di energia sono uno degli strumenti individuati a livello internazionale sia per raggiungere l'obiettivo di riduzione delle emissioni di gas serra previsto dal Protocollo di Kyoto che per ridurre la dipendenza economica dai paesi produttori di petrolio.*
*Per promuoverne la diffusione, l'Unione Europea ha fissato l'obiettivo, da raggiungere entro il 2010, di una produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili pari al 22% del consumo totale.*
*L'Italia, come Stato membro, ha adottato le direttive europee e a partire dagli anni '90 promuove sistemi di incentivazione economica.*

# ENERGIA DAL SOLE

La tecnologia fotovoltaica consente di trasformare, direttamente e istantaneamente, l'energia solare in energia elettrica senza l'uso di alcun combustibile.

Essa sfrutta il cosiddetto "effetto fotoelettrico", cioè la capacità che hanno alcuni semiconduttori opportunamente trattati, "drogati", di generare elettricità se esposti alla radiazione luminosa.

CURIOSITÀ

*Conosciuto fin dalla prima metà del XIX secolo, l'**effetto fotoelettrico** ha visto la sua prima applicazione commerciale nel 1954 quando, nei laboratori della BELL, fu realizzata la prima cella fotovoltaica in silicio monocristallino.*

### MA QUANTA ENERGIA CI ARRIVA DAL SOLE?

All'interno del sole, a temperature di alcuni milioni di gradi centigradi, avvengono incessantemente reazioni termonucleari di fusione che liberano enormi quantità di energia sottoforma di radiazioni elettromagnetiche.

Una parte di questa energia, dopo aver attraversato l'atmosfera, arriva al suolo con un'intensità di circa 1.000W/m$^2$ (irraggiamento al suolo in condizioni di giornata serena e Sole a mezzogiorno).

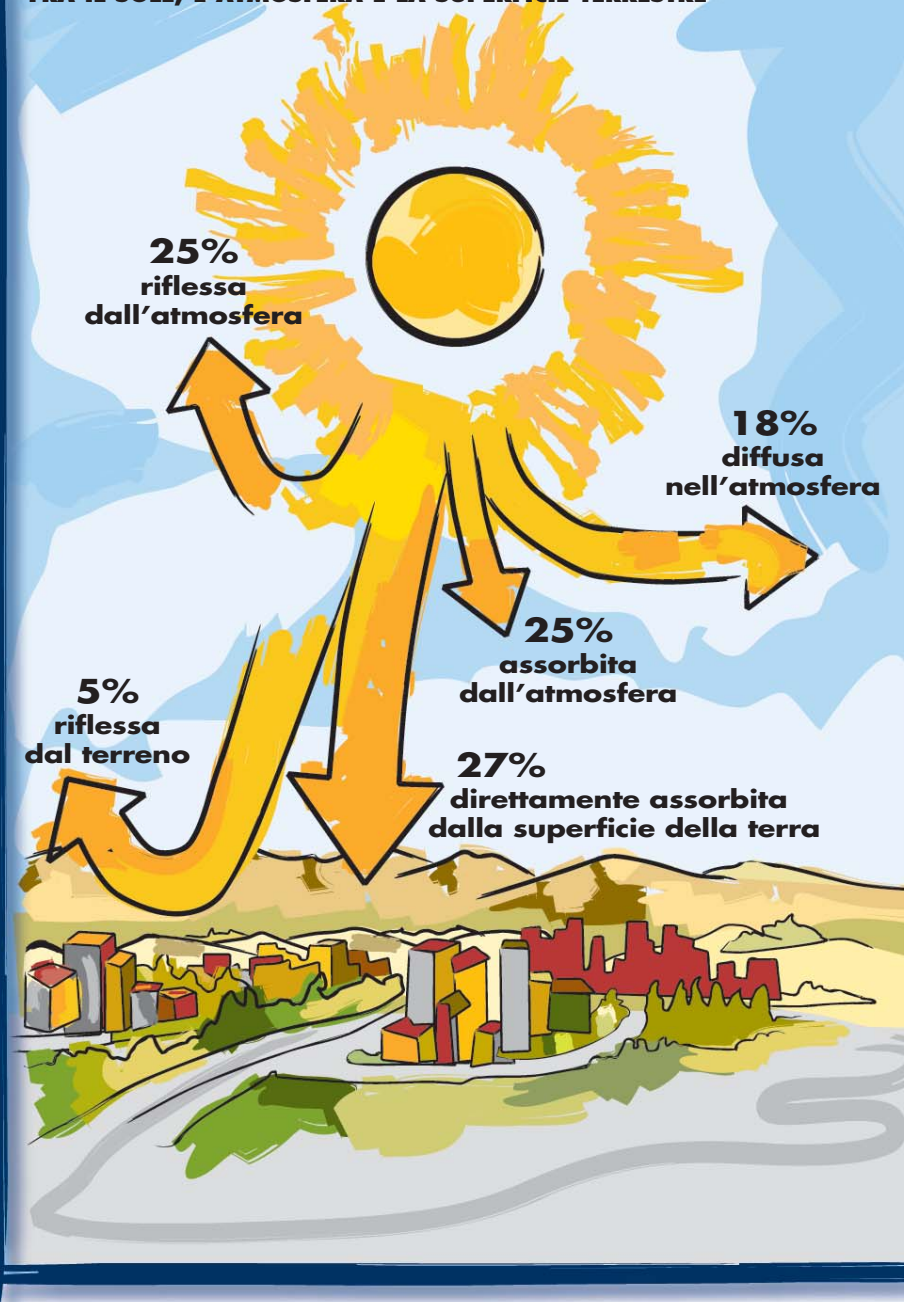
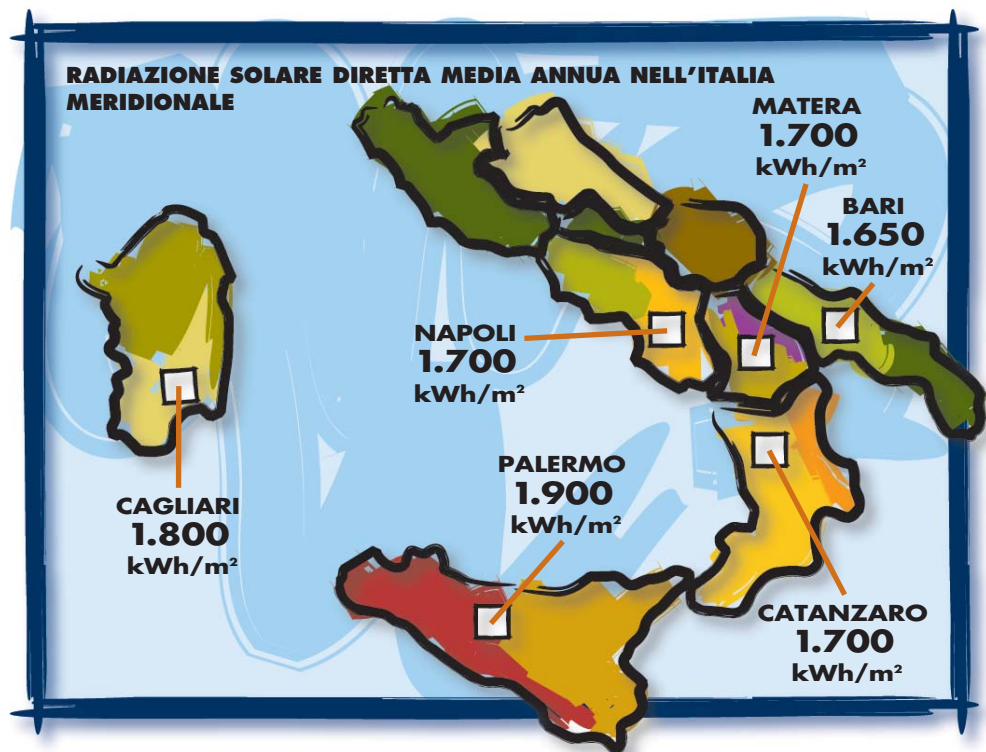
Questo enorme flusso di energia che arriva sulla Terra è pari a circa **15.000 volte l'attuale consumo energetico mondiale.**
Di questa energia, però, solo una parte può essere utilizzata dagli impianti fotovoltaici.

### L'ENERGIA UTILE

La quantità di energia solare che arriva sulla superficie terrestre e che può essere utilmente "raccolta" da un dispositivo fotovoltaico dipende dall'**irraggiamento** del luogo.

L'**irraggiamento** è, infatti, la quantità di energia solare incidente su una superficie unitaria in un determinato intervallo di tempo, tipicamente un giorno (kWh/m$^2$/giorno).
Il valore istantaneo della radiazione solare incidente sull'unità di superficie viene invece denominato **radianza** (kW/m$^2$).

L'irraggiamento è influenzato dalle condizioni climatiche locali (nuvolosità, foschia ecc..) e dipende dalla latitudine del luogo, cresce cioè quanto più ci si avvicina all'equatore.

In Italia, l'irraggiamento medio annuale varia dai 3,6kWh/m$^2$/giorno della pianura padana ai 4,7kWh/m$^2$/giorno del centro Sud e ai 5,4kWh/m$^2$/giorno della Sicilia.

Nel nostro paese, quindi, le regioni ideali per lo sviluppo del fotovoltaico sono quelle meridionali e insulari anche se, per la capacità che hanno di sfruttare anche la radiazione diffusa, gli impianti fotovoltaici possono essere installati anche in zone meno soleggiate.
In località favorevoli è possibile raccogliere annualmente circa 2.000kWh da ogni metro quadrato di superficie, il che è l'equivalente energetico di 1,5 barili di petrolio per metro quadrato.

# UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Un impianto fotovoltaico è essenzialmente costituito da un "generatore", da un "sistema di condizionamento e controllo della potenza" e da un eventuale "accumulatore" di energia, la batteria, e naturalmente dalla struttura di sostegno.

### IL GENERATORE FOTOVOLTAICO

Il componente elementare di un generatore fotovoltaico è la **cella**. È lì che avviene la conversione della radiazione solare in corrente elettrica.
Essa è costituita da una sottile fetta di un materiale semiconduttore, quasi sempre silicio opportunamente trattato, dello spessore di circa 0,3mm. Può essere rotonda o quadrata e può avere una superficie compresa tra i 100 e i 225cm².

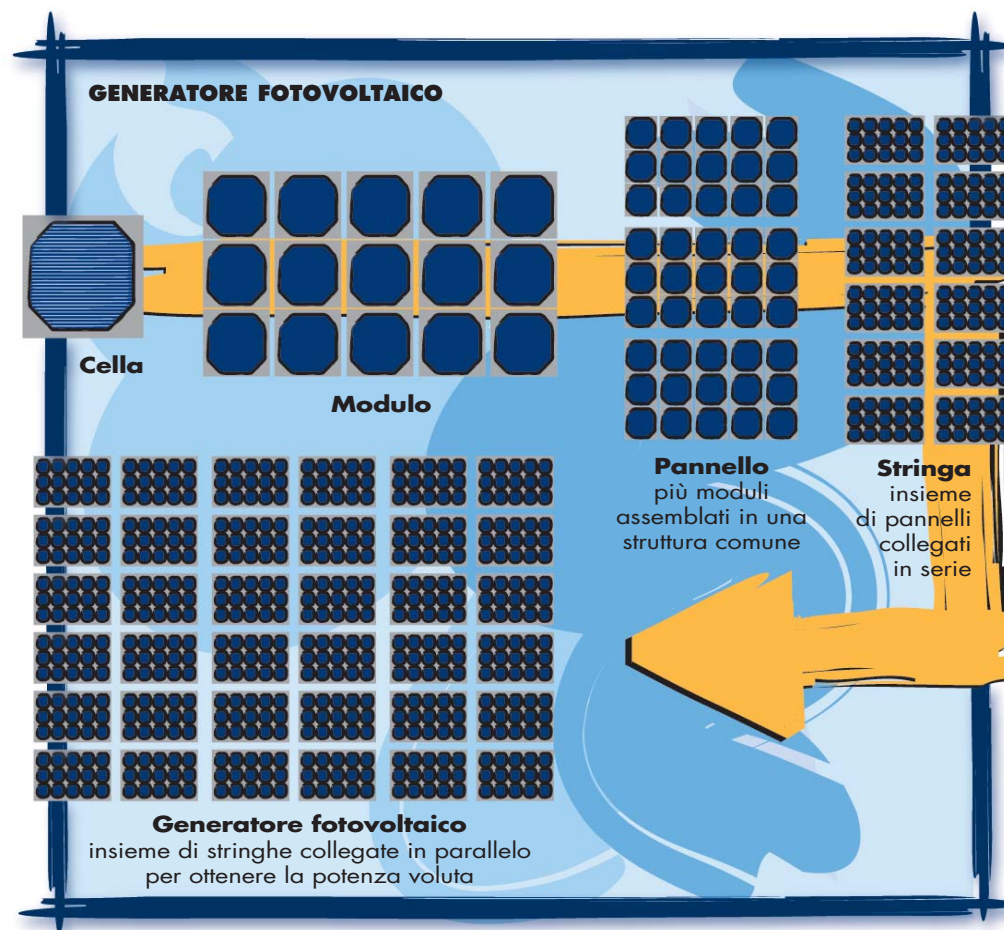


La cella si comporta come una minuscola batteria e nelle condizioni di soleggiamento tipiche dell'Italia (1kW/m²), alla temperatura di 25°C fornisce una corrente di 3A, con una tensione di 0,5V e una potenza pari a 1,5-1,7Wp

In commercio troviamo i **moduli fotovoltaici** che sono costituiti da un insieme di celle.
I più diffusi sono costituiti da 36 celle disposte su 4 file parallele collegate in serie. Hanno superfici che variano da 0,5 a 1m² e permettono l'accoppiamento con gli accumulatori da 12Vcc nominali.

Più moduli collegati in serie formano un **pannello**, ovvero una struttura comune ancorabile al suolo o ad un edificio.

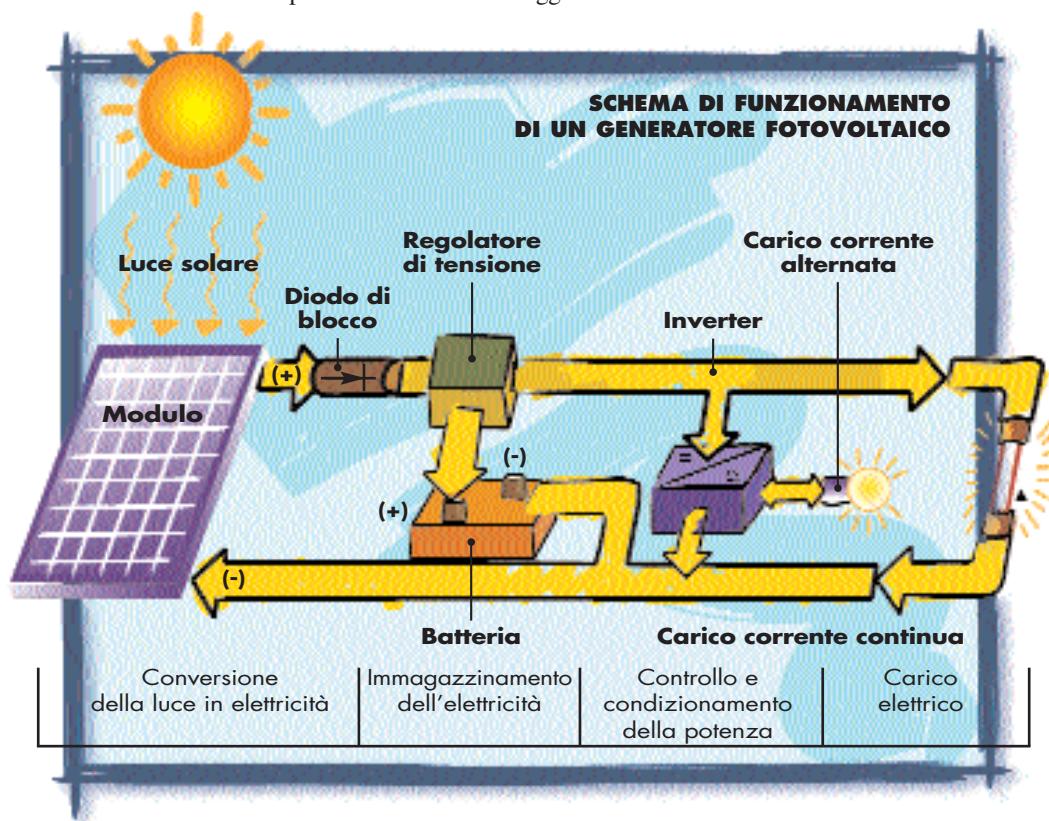
Più pannelli collegati in serie costituiscono una **stringa**.

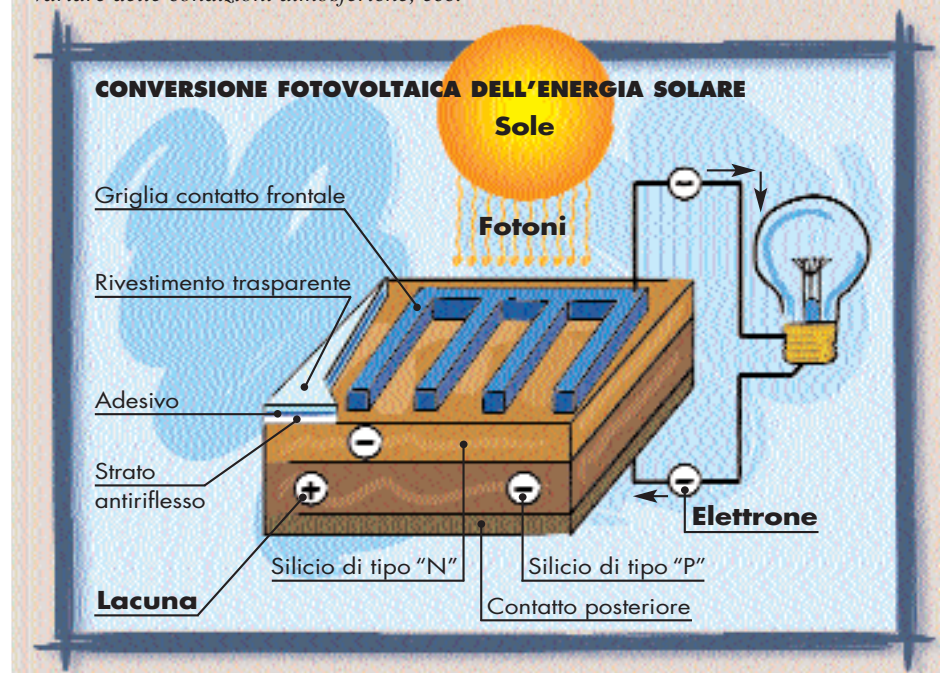
Più stringhe, collegate generalmente in parallelo per fornire la potenza richiesta, costituiscono il **generatore fotovoltaico**.

Dal punto di vista elettrico non ci sono praticamente limiti alla produzione di potenza da sistemi fotovoltaici, perché il collegamento in parallelo di più file di moduli, le "stringhe", consente di ottenere potenze elettriche di qualunque valore. Il trasferimento dell'energia dal sistema fotovoltaico all'utenza avviene attraverso ulteriori dispositivi necessari a trasformare la corrente continua prodotta in corrente alternata, adattandola alle esigenze dell'utenza finale.

### IL SISTEMA DI CONDIZIONAMENTO E CONTROLLO DELLA POTENZA

È costituito da un inverter, che trasforma la corrente continua prodotta dai moduli in corrente alternata; da un trasformatore e da un sistema di rifasamento e filtraggio che garantisce la qualità della potenza in uscita. Trasformatore e sistema di filtraggio sono normalmente inseriti all'interno dell'inverter.

È chiaro che il generatore fotovoltaico funziona solo in presenza di luce solare.
L'alternanza giorno/notte, il ciclo delle stagioni, le variazioni delle condizioni meteorologiche fanno sì che la quantità di energia elettrica prodotta da un sistema fotovoltaico non sia costante né al variare delle ore del giorno, né ne al variare dei mesi dell'anno. Ciò significa che, nel caso in cui si voglia dare la completa autonomia all'utenza, occorrerà o collegare gli impianti alla rete elettrica di distribuzione nazionale o utilizzare dei sistemi di accumulo dell'energia elettrica che la rendano disponibile nelle ore di soleggiamento insufficiente.

INFORMAZIONI

### La cella

*La cella fotovoltaica è il componente elementare del sistema ed è costituita da una sottile "fetta" di un materiale semiconduttore, quasi sempre silicio, (l'elemento più diffuso in natura dopo l'ossigeno) di spessore pari a circa 0,3mm. Può essere rotonda o quadrata e può avere una superficie compresa tra i 100 e i 225cm².*
*Il silicio che costituisce la fetta viene "drogato" mediante l'inserimento su una "faccia" di atomi di boro (drogaggio p) e sull'altra faccia con piccole quantità di fosforo (drogaggio n). Nella zona di contatto tra i due strati a diverso drogaggio si determina un campo elettrico; quando la cella è esposta alla luce, per effetto fotovoltaico, si generano delle cariche elettriche e, se le due facce della cella sono collegate ad un utilizzatore, si avrà un flusso di elettroni sotto forma di corrente elettrica continua.*
*Attualmente il silicio, mono e policristallino, impiegato nella costruzione delle celle è lo stesso utilizzato dall'industria elettronica, che richiede materiali molto puri e quindi costosi. Tra i due tipi il silicio policristallino è il meno costoso, ma ha rendimenti leggermente inferiori del monocristallino.*
*Per ridurre il costo della cella sono in studio nuove tecnologie che utilizzano il silicio amorfo e altri materiali policristallini, quali il Seleniuro di Indio e Rame e il Tellurio di Cadmio.*
*Una cella fotovoltaica di dimensioni 10x10 cm si comporta come una minuscola batteria, e nelle condizioni di soleggiamento tipiche dell'Italia (1kW/m²), alla temperatura di 25°C fornisce una corrente de 3A, con una tensione di 0,5V e una potenza pari a 1,5-1,7Watt di picco. L'energia elettrica prodotta sarà, ovviamente, proporzionale all'energia solare incidente, che come sappiamo varia nel corso della giornata, al variare della stagioni, e al variare delle condizioni atmosferiche, ecc.*

# LE APPLICAZIONI DEGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI

Gli impianti fotovoltaici sono dunque sistemi che convertono l'energia solare direttamente in energia elettrica.
Le potenze generate da questi dispositivi variano da pochi a diverse decine di Watt, a seconda delle dimensioni e delle tecnologie adottate.
Secondo il tipo di applicazione a cui l'impianto è destinato, le condizioni di installazione, le scelte impiantistiche, il grado di integrazione nella struttura edilizia con cui si interfaccia, si distinguono varie tipologie di impianto.

CASA ENERGETICAMENTE AUTOSUFFICIENTE

PENSILINA FOTOVOLTAICA E LAMPIONE ALIMENTATO CON ENERGIA FOTOVOLTAICA

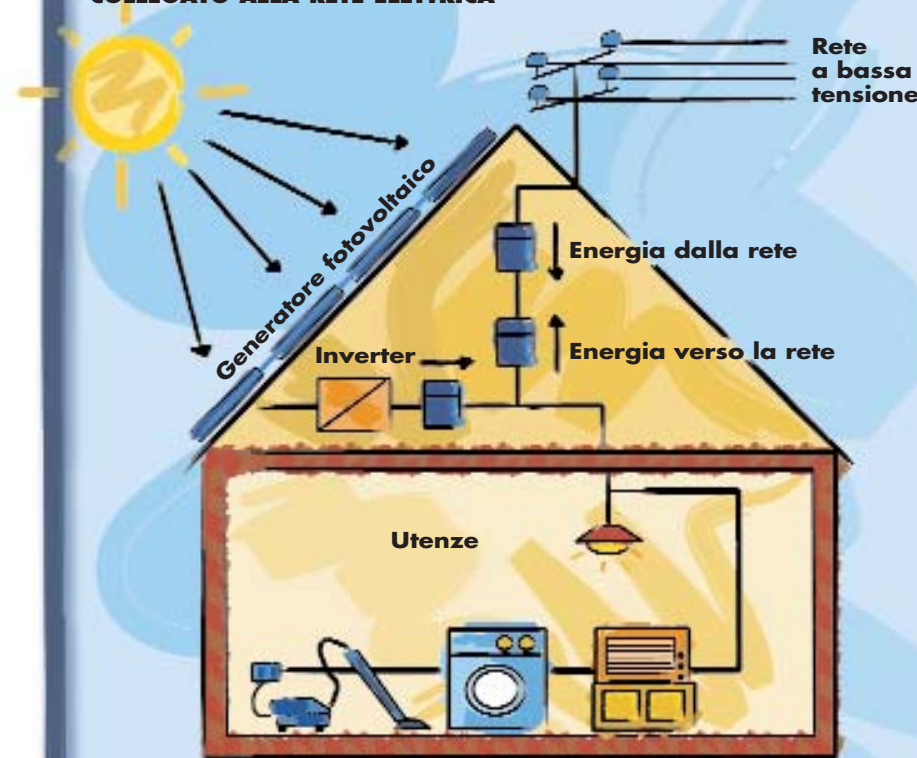
**IMPIANTI ISOLATI (STAND-ALONE)**
Sono impianti non collegati alla rete elettrica e sono costituiti dai moduli fotovoltaici, dal regolatore di carica e da un sistema di batterie che garantisce l'erogazione di corrente anche nelle ore di minore illuminazione o di buio. La corrente generata dall'impianto fotovoltaico è una corrente continua. Se l'utenza è costituita da apparecchiature che prevedono una alimentazione in corrente alternata è necessario anche un convertitore, l'inverter.

Questi impianti risultano tecnicamente ed economicamente vantaggiosi nei casi in cui la rete elettrica è assente o difficilmente raggiungibile. Infatti, spesso sostituiscono i gruppi elettrogeni.

In Italia sono stati realizzati molti impianti fotovoltaici di elettrificazione rurale e montana soprattutto nel Sud, nelle isole e sull'arco alpino.

Attualmente le applicazioni più diffuse servono ad alimentare:

- apparecchiature per il pompaggio dell'acqua, soprattutto in agricoltura;
- ripetitori radio, stazioni di rilevamento e trasmissione dati (meteorologici e sismici), apparecchi telefonici;
- apparecchi di refrigerazione, specie per il trasporto medicinali;
- sistemi di illuminazione;
- segnaletica sulle strade, nei porti e negli aeroporti;
- alimentazione dei servizi nei camper;
- impianti pubblicitari, ecc.

**IMPIANTI COLLEGATI ALLA RETE (GRID-CONNECTED)**
Sono impianti stabilmente collegati alla rete elettrica. Nelle ore in cui il generatore fotovoltaico non è in grado di produrre l'energia necessaria a coprire la domanda di elettricità, la rete fornisce l'energia richiesta. Viceversa, se il sistema fotovoltaico produce energia elettrica in più, il surplus può essere trasferito alla rete o accumulato. Un inverter trasforma la corrente continua prodotta dal sistema fotovoltaico in corrente alternata.
I sistemi connessi alla rete, ovviamente, non hanno bisogno di batterie perché la rete di distribuzione sopperisce alla fornitura di energia elettrica nei momenti di indisponibilità della radiazione solare.

Anche se sono stati realizzati impianti centralizzati di produzione di energia elettrica fotovoltaica di grande potenza (multimegawatt), come quello dell'ENEA a Monte Aquilone (Foggia), attualmente si vanno sempre più diffondendo, grazie anche agli incentivi pubblici, piccoli sistemi distribuiti sul territorio con potenza non superiore a 20kWp. Gli impianti più diffusi hanno potenze tra 1,5 e 3kWp. Questi impianti vengono installati sui tetti o sulle facciate degli edifici, e contribuiscono a soddisfare la domanda di energia elettrica degli utenti.

CENTRALE DI MONTE AQUILONE

## GLI IMPIANTI INTEGRATI NEGLI EDIFICI

Essi costituiscono una delle più promettenti applicazioni del fotovoltaico. Si tratta di sistemi che vengono installati su costruzioni civili o industriali per essere collegati alla rete elettrica di distribuzione in bassa tensione.
La corrente continua generata istantaneamente dai moduli viene trasformata in corrente alternata e immessa nella rete interna dell'edificio utilizzatore, in parallelo alla rete di distribuzione pubblica.

FACCIATA FOTOVOLTAICA IN UN EDIFICIO DELL'UNIVERSITÀ "LA SAPIENZA" DI ROMA

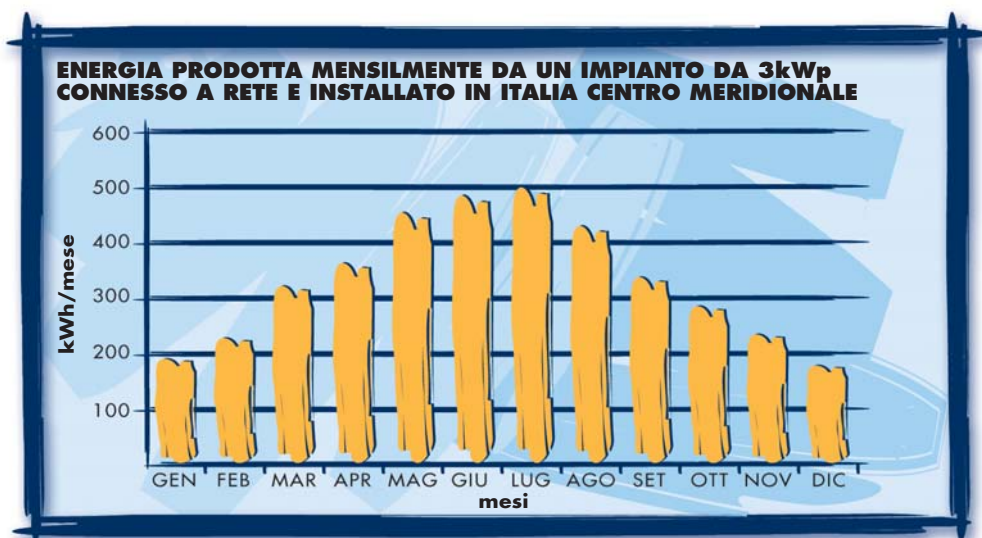
In questo modo può essere, a seconda dei casi, consumata dall'utenza locale oppure ceduta, per la quota eccedente al fabbisogno, alla rete stessa.
I moduli fotovoltaici possono essere utilizzati come elementi di rivestimento degli edifici anche in sostituzione di componenti tradizionali.
A questo scopo l'industria fotovoltaica e quella del settore edile hanno messo a punto moduli architettonici integrabili nella struttura dell'edificio che trovano sempre maggiore applicazione nelle facciate e nelle coperture delle costruzioni.

UNA PENSILINA FOTOVOLTAICA A NAPOLI

TETTI FOTOVOLTAICI

La possibilità di integrare i moduli fotovoltaici nelle architetture e di trasformarli in componenti edili ha notevolmente ampliato gli orizzonti di applicazione del fotovoltaico e quelli dell'architettura che sfrutta questa forma di energia.
Un impiego di particolare interesse è rappresentato, infatti, dalle "facciate fotovoltaiche".
I moduli per facciata sono composti da due lastre di vetro fra le quali sono interposte celle di silicio tenute insieme da fogli di resina. La dimensione di questi moduli può variare da 50x50cm a 210x350cm.
Inoltre, dal momento che tanto più bassa è la temperatura dei moduli fotovoltaici durante l'irraggiamento solare, maggiore è il loro rendimento energetico, le facciate fotovoltaiche trovano la loro migliore applicazione nelle zone "fredde" delle facciate (parapetti, corpi ascensore e altre superfici opache) sempre che siano orientati verso Sud-Est o Sud-Ovest e non si trovino in una zona ombreggiata.
L'impiego di tali moduli fotovoltaici può essere di grande utilità come schermi frangisole o per ombreggiare ampie zone nel caso delle coperture.

# QUANTA ENERGIA PRODUCE UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO?

La quantità di energia prodotta da un generatore fotovoltaico varia nel corso dell'anno e dipende da una serie di fattori come la latitudine e l'altitudine del sito, l'orientamento e l'inclinazione della superficie dei moduli, e le caratteristiche di assorbimento e riflessività del territorio circostante.
A titolo indicativo alle latitudini dell'Italia centro-meridionale un metro quadrato di moduli può produrre in media 0,3-0,4kWh al giorno nel periodo invernale, e 0,6-0,8kWh in quello estivo.

La tabella seguente dà un'indicazione di massima della "capacità produttiva" di un impianto fotovoltaico connesso alla rete. Vengono indicati, per tre localizzazioni diverse, i kWh elettrici generati mediamente in un anno e immessi in rete, per ogni metro quadrato di moduli in silicio monocristallino e in silicio policristallino, per un impianto di potenza nominale pari ad 1kWp (si tenga conto che esso corrisponde a circa 8m² di moduli in silicio cristallino e a 10m² di quelli in silicio policristallino).

**CAPACITÀ PRODUTTIVA DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO**

| Localizzazione dell'impianto | Moduli in silicio monocristallino | Moduli in silicio policristallino | Energia utile per 1 kWp installato |
|---|---|---|---|
| | kWh/(m² anno) | kWh/(m² anno) | kWh/(kWp anno) |
| NORD | 150 | 130 | 1.080 |
| CENTRO | 190 | 160 | 1.350 |
| SUD | 210 | 180 | 1.500 |



# DOVE E COME POSIZIONARE UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Per ottenere la massima produzione di energia, in fase di progettazione di un impianto, bisogna studiare l'irraggiamento e l'insolazione del sito. Questo consente di decidere l'inclinazione e l'orientamento della superficie del dispositivo captante.
Per la latitudine del nostro Paese, la posizione ottimale della superficie del pannello risulta quella a copertura dell'edificio con esposizione a Sud e con un angolo di inclinazione di circa 20-30° rispetto al piano orizzontale. Ma anche la disposizione sul piano verticale del palazzo, cioè in facciata, riesce a conseguire ottimi risultati. L'importante è, naturalmente, posizionare il pannello in modo da evitare zone d'ombra.

# DIMENSIONI E COSTI

La dimensione dell'impianto sarà funzione dell'energia richiesta. Questa determinerà, la potenza da installare, il numero di moduli necessari, il costo del sistema e il costo del kilowattora elettrico generato. Per confrontare i costi tra l'energia prodotta tra la fonte solare e quella tradizionale, bisognerebbe parlare di "valore" dell'energia piuttosto che di costo: il kWh prodotto con la fonte fotovoltaica non ha la stessa qualità di quello prodotto con le fonti convenzionali. La produzione di elettricità da impianti termoelettrici tradizionali, infatti, è gravata da un costo nascosto che viene pagato, spesso inconsapevolmente, dalla collettività. Bisogna infatti tener conto dei danni sociali e ambientali che le forme tradizionali di generazione energetica comportano, che sono difficilmente monetizzabili, ma che meritano una più adeguata considerazione.
I costi di un impianto fotovoltaico sono anche fortemente dipendenti dal tipo di applicazione e di installazione, e sono in continua evoluzione.
Ad esempio, il costo di realizzazione, chiavi in mano, di un impianto fotovoltaico connesso alla rete può essere stimato nell'ordine dei 7.000€/kWp, dove il valore superiore si riferisce ad impianti di piccola taglia e quello inferiore a quelli di taglia elevata.

**IMPIANTO STAND-ALONE**
**ITALIA CENTRALE**
**COSTI E PRESTAZIONI**

Un kWp fotovoltaico installato ha un costo di circa 10.000€, IVA esclusa.
Un kWh di energia elettrica prodotto da un impianto di questo tipo, in una località dell'Italia centrale, costa circa 0,6€, IVA esclusa.
Tale valore si abbassa sensibilmente se si considerano eventuali forme di incentivazione

**IMPIANTO GRID-CONNECTED**
**ITALIA CENTRALE**
**COSTI E PRESTAZIONI**

Un kWp fotovoltaico installato ha un costo di circa 7.000€, IVA esclusa.
Un kWh di energia elettrica prodotto da un impianto di questo tipo, in una località dell'Italia centrale, costa circa 0,34€, IVA esclusa.
Tale valore si abbassa sensibilmente se si considerano eventuali forme di incentivazione

#### FACCIAMO UN ESEMPIO
Prendiamo in considerazione una famiglia di 4 persone che vive nell'Italia centrale.
Il consumo elettrico medio annuo è di circa 2.500kWh. Per far fronte a tale domanda di energia si può utilizzare un impianto fotovoltaico con moduli in silicio policristallino che sono i più economici.

#### CHE DIMENSIONI DOVRÀ AVERE L'IMPIANTO?
Tenendo conto che, come si può notare dalla tabella precedente, un metro quadrato di moduli in silicio policristallino installato in Italia centrale produce 160kWh all'anno, bisognerà installare una superficie di 16 metri quadrati di moduli.

Considerando che ogni modulo occupa 0,5m$^2$, saranno dunque necessari 32 moduli.
Ai costi di mercato attuali, il costo di questo impianto può essere stimato in circa 15.000€, IVA esclusa.

#### QUANTO COSTA IL CHILOWATTORA?
Per questo impianto il costo del chilowattora è di circa 0,34€, IVA esclusa. Questo valore è calcolato tenendo conto del costo dell'investimento, del costo di manutenzione annuo dell'impianto, del numero di chilowattora prodotti in un anno e della durata dell'impianto, di solito considerata superiore ai 30 anni.

Il costo di produzione dell'energia elettrica prodotta con un impianto fotovoltaico è quindi ancora troppo elevato per competere con quello da fonti fossili, che è di circa 0,18€ a kWh.
Però, installare un impianto fotovoltaico diventa economicamente conveniente quando intervengono forme di incentivazione finanziaria da parte dello Stato.

Per riassumere possiamo dire che l'energia fotovoltaica richiede un forte impegno di capitale iniziale e basse spese di mantenimento: si può dire che "è come se si comprasse in anticipo l'energia che verrà consumata nei prossimi anni".
Una volta il recuperato l'investimento, per il resto della vita utile dell'impianto si dispone di energia praticamente a costo zero". Quindi, dotare la propria casa, azienda, ufficio od altro di un impianto di questo genere, usufruendo dei contributi pubblici, può rivelarsi un buon investimento.

# I BENEFICI AMBIENTALI

L'energia elettrica prodotta con il fotovoltaico ha un costo nullo per combustibile: per ogni kWh prodotto si risparmiano circa 250 grammi di olio combustibile e si evita l'emissione di circa 700 grammi di $CO_2$, nonché di altri gas responsabili dell'effetto serra, con un sicuro vantaggio economico e soprattutto ambientale per la collettività .

Si può valutare in 30 anni la vita utile di un impianto (ma molto probabilmente essi dureranno molto di più); il che significa che un piccolo impianto da 1,5kWp, in grado di coprire i due terzi del fabbisogno annuo di energia elettrica di una famiglia media italiana (2.500kWh), produrrà, nell'arco della sua vita efficace, quasi 60.000kWh, con un risparmio di circa 14 tonnellate di combustibili fossili, evitando l'emissione di circa 40 tonnellate di $CO_2$.

# ALCUNE RACCOMANDAZIONI

Realizzare un impianto fotovoltaico non è troppo complesso, ma è un lavoro che va affidato a degli specialisti. È utile comunque conoscere alcune prescrizioni e raccomandazioni a cui attenersi nelle fasi di progettazione e poi di messa in opera.

Le strutture di supporto devono essere realizzate in modo da durare almeno quanto l'impianto, cioè 25-30 anni, e devono essere montate in modo da permettere un facile accesso ai moduli per la sostituzione e la pulizia, e alle scatole di giunzione elettrica, per l'ispezione e la manutenzione. Esse devono, altresì, garantire la resistenza alla corrosione ed al vento.

I generatori fotovoltaici collocati sui tetti e sulle coperture non devono interferire con la impermeabilizzazione e la coibentazione delle superfici e in alcuni casi possono richiedere la creazione di passerelle fisse o mobili.

Fra i moduli è necessario interporre uno spazio vuoto, da un minimo di 5mm, per i generatori posti parallelamente e a poca distanza da altre superfici fisse, fino a 5cm, per i generatori sui quali la pressione del vento può raggiungere valori elevati.

In caso di montaggio dei moduli su tetti o su facciate, è indispensabile che fra i moduli e la superficie rimanga uno spazio (4-6cm) tale da assicurare una buona circolazione d'aria e quindi un buon raffreddamento della superficie del modulo.

I cavi elettrici e le scatole di derivazione e di interconnessione devono essere di dimensione idonea, rispondenti alle norme elettriche e assicurare il prescritto grado di isolamento, di protezione e di impermeabilizzazione richiesto.

# LA MANUTENZIONE

La manutenzione di un impianto fotovoltaico è riconducibile a quella di un impianto elettrico.
Infatti i moduli, che rappresentano la parte attiva dell'impianto che converte la radiazione solare in energia elettrica sono costituiti da materiali praticamente inattaccabili dagli agenti atmosferici, come è dimostrato da esperienze in campo ed in laboratorio.
È consigliabile effettuare con cadenza annuale una ispezione visiva, volta a verificare l'integrità del vetro che incapsula le celle fotovoltaiche costituenti il modulo.
Per la parte elettrica è necessario effettuare una verifica, con cadenza annuale, dell'isolamento dell'impianto verso terra, della continuità elettrica dei circuiti di stringa e del corretto funzionamento dell'inverter.

# GLI INCENTIVI STATALI

Già da qualche anno il governo italiano promuove la diffusione della tecnologia fotovoltaica attraverso un sistema di incentivi finanziari.
Ricordiamo il Programma Tetti Fotovoltaici (2001-2003) che ha erogato contributi in conto capitale per la costruzione di impianti fotovoltaici di piccola potenza (da 1 a 50kWp) collegati alla rete elettrica.
Dal 19 settembre 2005 è in vigore il Conto Energia che prevede non più un contributo per la costruzione dell'impianto fotovoltaico ma la remunerazione dei kWh prodotti ad un prezzo superiore a quello di mercato per un periodo di 20 anni. Quindi, chi autoproduce energia con impianti fotovoltaici non solo non dovrà più pagare le bollette all'azienda locale distributrice (salvo le spese fisse pari a circa 30€ l'anno) ma incasserà addirittura, per ben 20 anni, un contributo proporzionale alla quantità di energia prodotta.

INFORMAZIONI

### Il Conto Energia

*Il Conto Energia recepisce la Direttiva Europea 2001/77/CE per le fonti rinnovabili. La delibera fissa al 2010 l'obiettivo di una generazione elettrica da fonti rinnovabili pari al 22% del consumo interno lordo.*
*Il Conto Energia è in vigore già da qualche anno in Germania, Spagna e Austria dove ha portato ad un sviluppo del mercato fotovoltaico sopra ogni aspettativa. Lo stesso si spera accadrà in Italia.*

*In Italia il Conto Energia è stato elaborato dal Ministero delle Attività Produttive di concerto con il Ministero dell'Ambiente con il parere favorevole della Conferenza Unificata. È stato attivato con il DM del 28 luglio 2005 e con la delibera 188/05 dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas che ha nominato il Gestore del Sistema Elettrico quale soggetto attuatore ed erogatore degli incentivi. Il decreto è stato poi modificato e integrato con il DM del 6 febbraio 2006 e con la delibera 40/06 dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas.*

| PRODUZIONE DI ELETTRICITÀ DA FOTOVOLTAICO NEI PRINCIPALI STATI EUROPEI (APRILE 2005) | (MW) |
|---|---|
| Germania | 794,000 |
| Paesi Bassi | 47,740 |
| Spagna | 38,696 |
| Italia | 30,300 |
| Lussemburgo | 26,000 |
| Francia | 20,119 |
| Austria | 19,833 |
| Regno unito | 7,803 |
| Portogallo | 2,275 |
| **Totale** | **1.004,063** |

### COSA È IL CONTO ENERGIA?

Il Conto Energia un particolare incentivo per l'installazione degli impianti fotovoltaici grid connected (connessi alla rete) da 1kWp a 1MWp. Prevede la remunerazione per 20 anni, da parte del Gestore della Rete di trasmissione Nazionale (GRTN), dei kWh prodotti dall'impianto fotovoltaico ad un prezzo superiore a quello di mercato.
Il meccanismo italiano del Conto Energia può essere considerato una sorta di "**sistema di incentivazione misto o ibrido**". Infatti, l'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico beneficerà della tariffa incentivante sia se autoconsumata sia se immessa nella rete pubblica locale.

### CHI PUÒ BENEFICIARE DELLA TARIFFA INCENTIVANTE?

Possono presentare domanda le **persone fisiche e giuridiche** quindi privati, aziende, enti pubblici e condomini.
Le tariffe incentivanti saranno riconosciute fino a quando la potenza cumulativa di tutti gli impianti che le ottengono raggiungerà la quota di **500MW**:

**360MW** per gli impianti fino a 50kWp e
**140MW** per gli impianti da 50kWp a 1MWp.

È fissato anche un limite totale annuo che dal 2006 al 2012 sarà di **85MW**:

**60MW** per impianti con potenza inferiore a 50kW e
**25MW** per impianti con potenza superiore a 50kW.

### QUANTO È L'INCENTIVO E PER QUANTO TEMPO?

Le tariffe per kWh sono definite in base alla taglia dell'impianto e verranno erogate per **20 anni**.

#### Impianti fino ai 20kW di potenza

Gli impianti con potenza non superiore a 20kW **possono optare per il servizio di scambio sul posto o per la cessione in rete dell'energia prodotta**.
Nel primo caso la tariffa incentivante è pagata solo per l'energia prodotta e consumata in loco (pari a 0,445€ per kWh), mentre i kWh prodotti in eccesso rispetto ai consumi, entrambi riferiti a fine anno, non saranno retribuiti, ma sarà possibile accumularli per un successivo autoconsumo.
Nel secondo caso viene incentivata tutta la produzione FV, anche se superiore ai consumi, ad una tariffa di 0,46€ per kWh e per tutti i kWh ceduti alla rete verrà pagata una tariffa aggiuntiva di 0,095€ per kWh.

#### Impianti tra 20kW e 50kW di potenza

Oltre all'incentivo ventennale proveniente dalla produzione moltiplicato per la tariffa incentivante (0,46€/kWh), si potranno aggiungere i benefici derivanti dalla vendita delle eccedenze alla rete locale con una tariffa aggiuntiva di 0,095€/kWh (fino a 500mila kWh/anno ceduti alla rete).

#### Impianti tra 50kW e 1.000kW di potenza

In questo caso l'incentivo ventennale proveniente dalla produzione è moltiplicato per una tariffa incentivante che dovrà essere proposta dal richiedente e il cui valore massimo è stabilito in 0,49€/kWh; questa tariffa è sottoposta ad un meccanismo di gara. Anche per queste taglie di impianto si potrà aggiungere il ricavato derivante dalla vendita delle eccedenze alla rete locale con una tariffa aggiuntiva di 0,095€/kWh fino a 500mila kWh/anno ceduti alla rete, di 0,080€/kWh da 500mila a 1 milione di kWh/anno e di 0,070€/kWh da 1 milione a 2 milioni di kWh/anno.

| **TARIFFE INCENTIVANTI, FISSE PER 20 ANNI, PER LE DOMANDE CONSEGNATE NEGLI ANNI 2005-2006** | |
|---|---|
| Impianti **da 1 a 20kW** (con scambio sul posto) | **0,445€/kWh** |
| Impianti **da 1 a 20kW** (senza scambio sul posto) | **0,460€/kWh**<br>+ 0,095€/kWh ceduto alla rete |
| Impianti **da 20kW a 50kW** | **0,460€/kWh**<br>+ 0,095€/kWh ceduto alla rete (fino a 500.000kWh/anno) |
| Impianti **da 50kW a 1.000kW** | **0,490€/kWh** (valore massimo della tariffa soggetto a gara)<br>+ 0,095€/kWh fino a 500.000kWh/anno ceduti alla rete<br>+ 0,080€/kWh da 500.000 a 1.000.000 di kWh/anno ceduti alla rete<br>+ 0,070€/kWh da 1.000 a 2.000.000 di kWh/anno |

Per le domande pervenute entro il 2006 la tariffa iniziale comunicata dal GRTN rimane costante per tutti i 20 anni.
Mentre dal 2007 la tariffa decrescerà del 5% ogni anno ma avrà la rivalutazione dell'indice ISTAT.

La tariffa incentivante sarà aumentata del 10% rispetto a quella stabilita se gli impianti sono integrati negli edifici, sia di nuova costruzione o oggetto di ristrutturazione. Queste tariffe rimangono costanti fino al 2012 incluso e non subiscono la variazione Istat.

L'aggiornamento delle tariffe incentivanti sarà a cura del GRTN e potranno essere consultate sul sito internet **www.grtn.it**

Ma se chi realizza l'impianto beneficia della detrazione fiscale IRPEF del 41% (Iva inclusa), le tariffe incentivanti verranno ridotte del 30%.
Se gli impianti hanno ricevuto incentivi pubblici in conto capitale superiori al 20% del costo di investimento o se usufruiscono dei certificati verdi, le tariffe incentivanti non verranno erogate.

### COME E QUANDO PRESENTARE LA DOMANDA?

Le domande dovranno essere inviate direttamente al **GRTN** secondo lo schema predisposto dall'Autorità nell'allegato "A" della delibera 40/06 nei giorni dell'ultimo mese di ciascuno trimestre, 1-31 marzo, 1-30 giugno, 1-30 settembre, 1-31 dicembre di ogni anno.
La domanda dovrà contenere il progetto preliminare dell'impianto fotovoltaico comprendente la scheda tecnica firmata da un tecnico abilitato o da un professionista iscritto agli albi professionali.

Il GRTN dovrà quindi valutare l'ammissibilità tecnica delle richieste pervenute e entro 90 giorni dalla presentazione delle domande informare i richiedenti in merito all'accettazione della domanda inoltrata.
Per gli impianti fino a 50kWp verrà dato l'incentivo in base alla tempistica delle domande, mentre per quelli superiori ai 50kWp dipenderà dall'incentivo richiesto, più basso è l'incentivo maggiori saranno le possibilità di riceverlo.

### COME VENGONO PAGATI GLI INCENTIVI?

Il **pagamento delle "tariffe incentivanti" in Conto Energia** è erogato dal GRTN su base mensile a partire dal mese successivo a quello in cui l'ammontare cumulato di detto corrispettivo supera il valore di 250€ per impianti fino a 20kW e di 500€ per impianti con potenza superiore ai 20kW.

### CHI PAGA IL CONTO ENERGIA?

I costi dell'incentivazione degli impianti fotovoltaici non sono a carico dello Stato, ma saranno coperti con un prelievo sulle tariffe elettriche di tutti i consumatori (componente tariffaria A3). A regime l'aggravio sulla bolletta elettrica, per la produzione di impianti FV pari a 1000MW di potenza, si stima sia di circa 0,0017€ per ogni kWh, pari a circa 4€ in più all'anno per famiglia.

### ESEMPIO DI CALCOLO SEMPLIFICATO DI COSTO E TEMPO DI RIENTRO ECONOMICO PER IL CONTO ENERGIA CON SERVIZIO DI SCAMBIO SUL POSTO

Consideriamo un impianto FV residenziale da 2kWp (16m$^2$ di superficie) installato in Italia centrale, il cui proprietario consuma 3.000kWh/anno

**Il costo dell'impianto** chiavi in mano è di circa 14.000€ + IVA 10% = 15.400€

**Produzione dell'impianto** = 2.600kWh all'anno

**Guadagno dalla vendita dei kWh** prodotti = 2.600kWh x 0,445€ = 1.157€ all'anno

**Costo evitato dell'energia consumata**, pari ai kWh prodotti dall'impianto per il costo medio del kWh = 2.600 x 0,18€ = 468€ all'anno

In questo caso verranno pagati alla società elettrica solo 400kWh (pari alla differenza tra l'energia consumata e l'energia prodotta dall'impianto) = 400 x 0,18 = 72€ all'anno più 31€ di spese fisse

**Vantaggio economico** totale annuale = 1.157 + 468 - 72 - 31 = 1.522€ all'anno

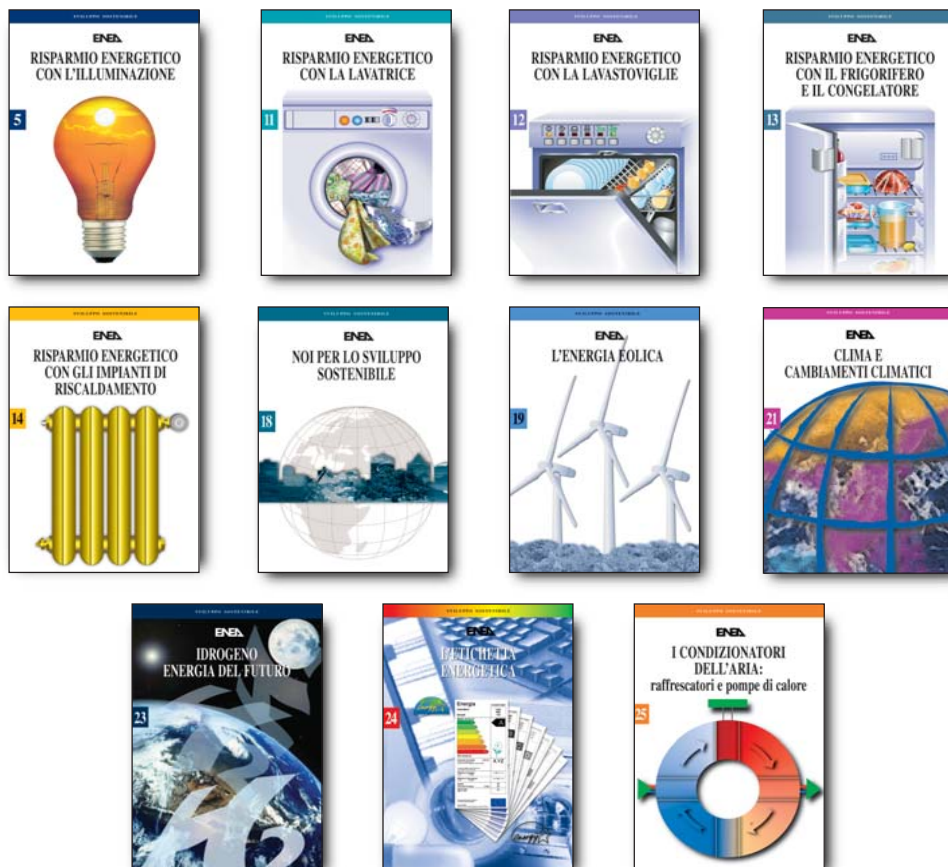
**Tempo di ritorno dell'investimento** = 15.400 : 1.522 = ~ 10 anni

Considerando che la vita media di un impianto fotovoltaico è superiore ai 30 anni, e che dopo 10 anni si rientra dell'investimento, avremo vantaggi economici per oltre 20 anni.

### PER SAPERNE DI PIÙ:

**www.grtn.it**
**www.minambiente.it**
**www.attivitaproduttive.gov.it**
**www.autorita.energia.it**

Oppure potete rivolgervi ai Centri di Consulenza Energetica Integrata dell'ENEA (vedi pagine successive).

# Risparmiare energia e proteggere l'ambiente.

Nella collana "Sviluppo Sostenibile" l'**ENEA** pubblica una serie di opuscoli dedicati alle scelte più convenienti che tutti noi possiamo adottare per risparmiare energia e proteggere l'ambiente.

**P**otete richiedere gratuitamente gli opuscoli che vi interessano a:

**ENEA-Unità RES RELPROM**
Lungotevere Thaon di Revel, 76 - 000196 Roma
Fax 0636272288
www.enea.it

## Ricerca e Innovazione per lo Sviluppo Sostenibile del Paese

L'ENEA è un ente pubblico che opera nei settori dell'energia, dell'ambiente e delle nuove tecnologie a supporto delle politiche di competitività e di sviluppo sostenibile del Paese.

I suoi compiti principali sono:

- promuovere e svolgere attività di ricerca di base ed applicata e di innovazione tecnologica, anche mediante la realizzazione di prototipi e l'industrializzazione di prodotti;
- diffondere e trasferire i risultati ottenuti, favorendone la valorizzazione a fini produttivi e sociali;
- fornire a soggetti pubblici e privati servizi ad alto contenuto tecnologico, studi, ricerche, misure, prove e valutazioni.

L'Ente ha circa **3.200 dipendenti** che operano in Centri di Ricerca distribuiti su tutto il territorio nazionale. Nelle diverse regioni sono anche presenti **13 Centri di Consulenza Energetica Integrata** per la promozione e la diffusione degli usi efficienti dell'energia nei settori industriale, civile e dei trasporti.

## C.C.E.I. Centri di Consulenza Energetica Integrata

**Veneto** - C.C.E.I. ENEA - Calle delle Ostreghe, 2434 - C.P. 703 - 30124 VENEZIA - Tel. 0415226887 - Fax 0415209100 - **Liguria** - C.C.E.I. ENEA Via Serra, 6 - 16122 GENOVA - Tel. 010567141 - Fax 010567148 **Toscana** - C.C.E.I. ENEA - Via Ponte alle Mosse, 61 - 50144 FIRENZE - Tel. 0553241227 - Fax 055350491 - **Marche** - C.C.E.I. ENEA - V.le della Vittoria, 52 - 60123 ANCONA - Tel. 07132773 - Fax 07133264 - **Umbria** C.C.E.I. ENEA - Via Angeloni, 49 - 06100 PERUGIA - Tel. 0755000043 Fax 0755006389 - **Lazio** - C.R. Casaccia - Via Anguillarese, 301 - 00060 ROMA - Tel. 0630483245 - Fax 0630483930 - **Abruzzo** - C.C.E.I. ENEA - Via N. Fabrizi, 215/15 - 65122 PESCARA - Tel. 0854216332 - Fax 0854216362 **Molise** - C.C.E.I. ENEA - Via Mazzini, 84 - 86100 CAMPOBASSO - Tel. 0874481072 - Fax 087464607 - **Campania** - C.C.E.I. ENEA - Via della Costituzione Isola A/3 - 80143 NAPOLI - Tel. 081691111 - Fax 0815625232 **Puglia** - C.C.E.I. ENEA - Via Roberto da Bari, 119 - 70122 BARI - Tel. 0805248213 - Fax 0805213898 - **Basilicata** - C.C.E.I. ENEA - C/o SEREA Via D. Di Giura, s.n.c. - 85100 POTENZA - Tel. 097146088 - Fax 097146090 **Calabria** - C.C.E.I. ENEA - Via Argine Destra Annunziata, 87 - 89100 REGGIO CALABRIA - Tel. 096545028 - Fax 096545104 - **Sicilia** - C.C.E.I. ENEA - Via Catania, 2 - 90143 PALERMO - Tel. 0917824120 - Fax 091300703

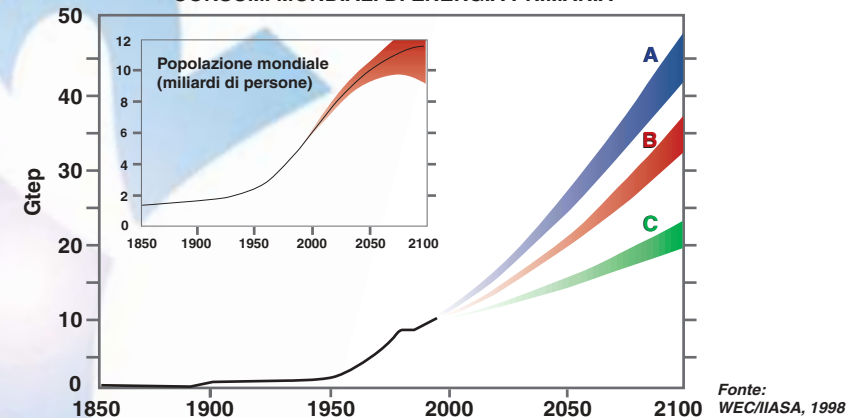
www.enea.it

SVILUPPO SOSTENIBILE

# sommario



# LA SFIDA DEL 21° SECOLO

La continua crescita della popolazione mondiale e la naturale aspirazione dei paesi in via di sviluppo a raggiungere standard economici e di qualità della vita vicini a quelli dei paesi industrializzati sono le principali cause della crescita inarrestabile della domanda di energia *(figura 1)* e del contemporaneo aumento delle emissioni di gas serra, prima fra tutte l'anidride carbonica. Soddisfare tale domanda, mantenendo questi gas a livelli non pericolosi per l'ambiente *(v. riquadro p. 4)* e riducendo così il rischio di cambiamenti climatici nel medio termine (oltre che, naturalmente, garantire l'approvvigionamento energetico) rappresenta la sfida tecnologica del nuovo secolo.

Una sfida che può essere vinta solo con l'aumento dell'efficienza dei sistemi e la contemporanea riduzione del consumo di idrocarburi; con l'espansione dell'impiego di fonti a basso o nullo contenuto di carbonio quali gas naturale, rinnovabili, nucleare; con la separazione della $CO_2$, prodotta nella trasformazione dei combustibili fossili e il confinamento della stessa; con l'aumento, infine, del potenziale di assorbimento della stessa $CO_2$ da parte dell'ecosistema.

Un tale scenario dovrebbe idealmente essere basato su un vettore[1] energetico con le seguenti caratteristiche:

- di impatto ambientale, sia globale che locale, quasi nullo;
- producibile da più fonti energetiche primarie, tra loro intercambiabili e disponibili su larga scala, anche in futuro;
- distribuibile preferenzialmente attraverso una rete.

**(1)** Vettore energetico: tutto ciò da cui si può ricavare energia utile mediante conversione di fonti energetiche primarie (es.: carbone, elettricità, benzina, ecc.)

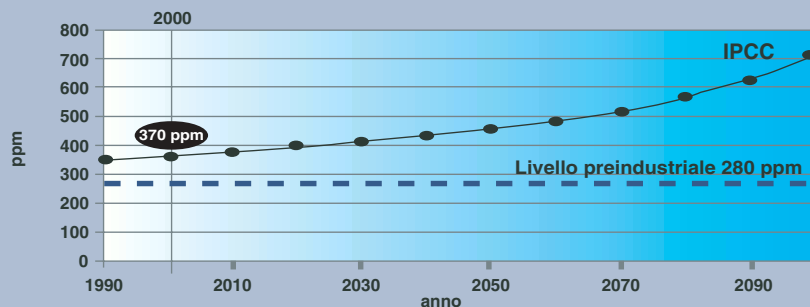
### *Il problema delle emissioni di gas serra*

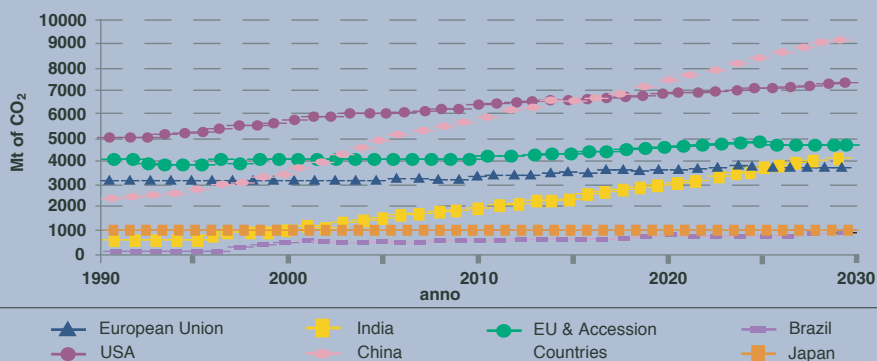
*Il principale responsabile dell'effetto serra è **l'anidride carbonica**, prodotto finale dell'uso dei combustibili fossili nella generazione di energia termica, meccanica ed elettrica.*

*All'inizio del secolo scorso la concentrazione della **$CO_2$** nell'aria era pari a **300** parti per milione (ppm). Ora è circa **380** ppm.*

*La **combustione** è il maggior responsabile delle emissioni di gas serra (quasi l'80% in Italia). A livello globale circa il 30% delle emissioni di $CO_2$ in atmosfera è causato dai trasporti.*

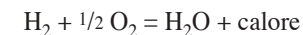
*Le previsioni dei consumi di energia per il prossimo secolo fanno prevedere un **continuo aumento delle emissioni di $CO_2$** e della sua concentrazione in atmosfera, a meno di sostanziali cambiamenti del sistema energetico; l'andamento sotto riportato è stato stimato dall'IPCC in uno scenario senza particolari correttivi e con pieno sviluppo tecnologico ed economico. Tuttavia, in particolare per i trasporti, oltre a ridurre drasticamente l'uso dell'automobile, si può cercare di intervenire sull'efficienza dei veicoli o introducendo combustibili più puliti.*

**LA CONCENTRAZIONE DI $CO_2$ IN ATMOSFERA - TREND DI CRESCITA**

L'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ha valutato la possibile evoluzione della concentrazione di $CO_2$ senza interventi specifici

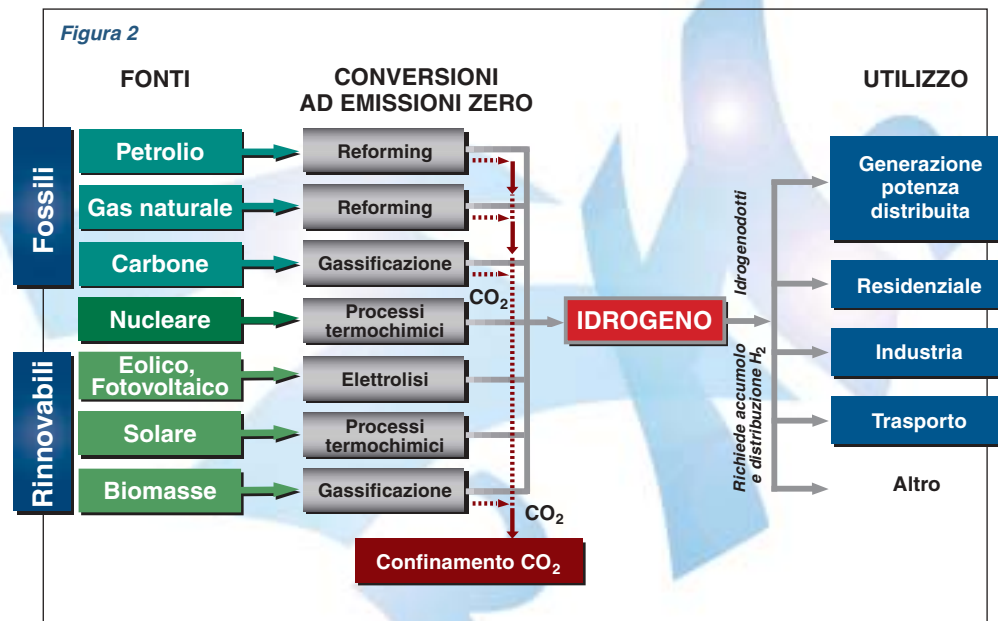
**EMISSIONI $CO_2$ - STIME AL 2030**

**PERCHÉ L'IDROGENO**

L'idrogeno è un vettore in grado di soddisfare i requisiti precedentemente indicati *(figura 2)*; infatti:

- è un gas che brucia nell'aria secondo la semplice reazione: idrogeno più ossigeno uguale acqua e calore

$$H_2 + 1/2\ O_2 = H_2O + \text{calore}$$

dando quindi come unico prodotto di reazione acqua pura;
- può essere prodotto sia da fonti fossili, sia da fonti rinnovabili, sia da fonte nucleare;
- può essere distribuito in rete abbastanza agevolmente compatibilmente con gli usi finali e con lo sviluppo delle tecnologie di trasporto e di stoccaggio;
- può essere impiegato in diverse applicazioni (produzione di energia elettrica centralizzata o distribuita, generazione di calore, trazione) con un impatto locale nullo o estremamente ridotto.

Come vedremo meglio in seguito, sono indubbi i vantaggi energetici e soprattutto ambientali che conseguirebbero dall'uso esteso dell'idrogeno in particolari sistemi elettrochimici denominati "celle a combustibile" *(v. riquadro p. 16)* che permettono la trasformazione diretta dell'energia chimica contenuta nel gas in energia elettrica, senza altre emissioni dannose.
Si può dire, quindi, che l'idrogeno rappresenta in prospettiva un componente ideale di un futuro sistema energetico sostenibile, costituendo un incentivo verso l'impiego diffuso delle fonti rinnovabili (e di un "nuovo nucleare"), ma già nel breve-medio termine può rendere i combustibili fossili compatibili con le esigenze ambientali.

*Figura 2*

Lo sviluppo come vettore energetico richiede però la predisposizione anche di una vasta gamma di infrastrutture integrate, se non altro per rendere l'impiego economico e affidabile in tutte le varie fasi della catena tecnologica (produzione, confinamento dell'anidride carbonica generata nel processo, trasporto, accumulo, usi finali). Ad esempio, si pensi solo che nell'applicazione all'autotrazione occorre sviluppare non solo le celle a combustibile più adatte, ma anche serbatoi per equipaggiare i veicoli, sistemi di trasporto e reti di distribuzione paragonabili a quelli dei carburanti tradizionali.

Tutto ciò, ovviamente, costituisce una grossa sfida per i prossimi anni che tuttavia non potrà non avere benefiche ricadute - in termini economici e occupazionali - immediatamente nel comparto della ricerca e sviluppo e a seguire sull'intera industria manifatturiera di ogni Paese.

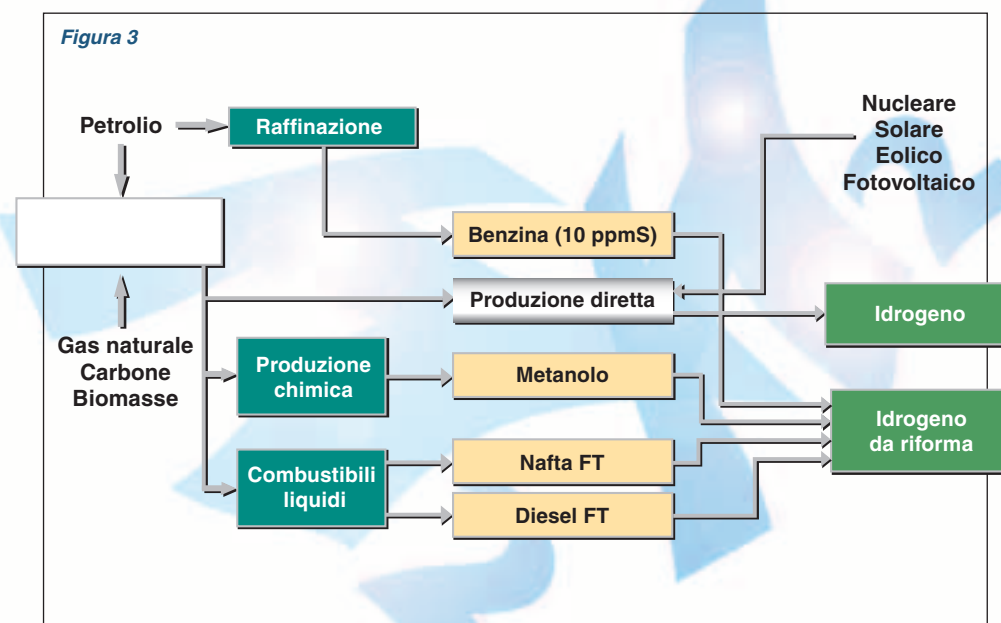
# COS'È E COME SI PRODUCE

L'idrogeno, l'elemento più leggero e abbondante dell'universo, è assai raro sulla Terra allo stato elementare a causa della sua estrema volatilità – si trova, ad esempio, nelle emanazioni vulcaniche, nelle sorgenti petrolifere, nelle fumarole – ma viceversa è molto diffuso sotto forma di composti (acqua, idrocarburi, sostanze minerali, organismi animali e vegetali) e può quindi essere prodotto a partire da diverse fonti. L'interesse per il suo impiego come combustibile, sia per applicazioni stazionarie che per la trazione, deriva dal fatto che l'inquinamento prodotto è quasi nullo; infatti, come già accennato, se usato in sistemi a combustione produce vapor d'acqua e tracce di ossidi di azoto, oppure solo vapor d'acqua se utilizzato con sistemi elettrochimici con celle a combustibile.

Rispetto agli altri combustibili, l'idrogeno è un gas incolore, inodore, non velenoso, estremamente volatile e leggero: presenta quindi un ridotto contenuto energetico per unità di volume, mentre ha il più alto contenuto di energia per unità di massa. Per fare un confronto con un altro combustibile, ad esempio il gasolio, possiamo dire che un litro di gasolio, come contenuto energetico, equivale a:

- 3,12 $m^3$ di idrogeno gassoso (in condizioni normali);
- 4,13 litri di idrogeno liquido

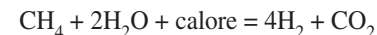
dove però la combustione dell'idrogeno può essere realizzata con un'efficienza più alta.

A fronte di queste qualità energetiche e soprattutto ambientali, tuttavia l'introduzione dell'idrogeno come combustibile - e più in generale come vettore energetico - richiede che siano messe a punto le tecnologie necessarie per agevolare la produzione, il trasporto, l'accumulo e l'utilizzo. A titolo di esempio, solo per la liquefazione a -253 °C occorrono particolari tecnologie oltre che la predisposizione di speciali container per il trasporto.
Per quanto riguarda la produzione, ricordiamo che le fonti primarie di partenza possono essere sia fossili che rinnovabili in modo da contribuire alla diversificazione ed all'integrazione tra i diversi tipi di energia. In *figura 3* sono schematizzati alcuni metodi di produzione dell'idrogeno.



## PRODUZIONE DA FONTI FOSSILI

Le tecnologie di produzione dell'idrogeno a partire dai combustibili fossili sono mature e ampiamente utilizzate, anche se vanno ottimizzate da un punto di vista economico, energetico e di impatto ambientale. Dei circa 500 miliardi di $Nm^3$ di idrogeno prodotti annualmente a livello mondiale, circa 190 miliardi rappresentano un sottoprodotto dell'industria chimica (ad es. dagli impianti cloro-soda), mentre la maggior frazione deriva da combustibili fossili, gas naturale ed olio pesante, attraverso processi di reforming e di ossidazione parziale.

Tali processi prevedono la produzione del gas attraverso successivi stadi di raffinazione e di frazionamento delle molecole degli idrocarburi fino alla completa eliminazione del carbonio. Con questa linea oggi viene prodotta una grandissima quantità di idrogeno, tutta quella consumata sul mercato della chimica dei fertilizzanti di sintesi e nella metallurgia dell'acciaio. Il processo più diffuso, "steam reforming", reazione a caldo del metano con vapore a 800 °C in modo da ossidare il carbonio e liberare idrogeno dalla molecola con emissione di anidride carbonica secondo la reazione

$$CH_4 + 2H_2O + \text{calore} = 4H_2 + CO_2$$

è tecnicamente molto ben sperimentato e viene realizzato industrialmente con reattori di grosse capacità dell'ordine, di 100.000 $Nm^3/h$. Unità molto più piccole, realizzate specificamente per l'uso sui veicoli o per impianti di generazione distribuita di piccola taglia, sono attualmente in via di sviluppo soprattutto per l'utilizzo in sistemi con celle a combustibile.
La produzione da fonti fossili, però, ha l'inconveniente di dar luogo - come prodotto di scarto - alla emissione di grandi quantità di $CO_2$, cosicché l'idrogeno - pur utilizzabile in modo pulito - non è comunque incolpevole a causa dell'inquinamento prodotto nel ciclo di lavorazione.

Per ovviare a ciò occorrerebbe raccogliere e confinare[2] la $CO_2$ prodotta nei grossi impianti, sfruttando l'esperienza in materia delle compagnie petrolifere. Per queste si può anche ipotizzare una parziale riconversione che consenta di produrre idrogeno dagli idrocarburi, idrogeno che verrebbe poi utilizzato negli autoveicoli (conservando ovviamente il profitto per le compagnie).
Dal punto di vista ambientale, questa soluzione ha il vantaggio di evitare le emissioni di $CO_2$ di una miriade di veicoli sparsi sul territorio, concentrandole negli impianti petrolchimici da dove però potrebbero essere catturate con opportuni filtri, trasformate in forma liquida o solida e poi immagazzinate in giacimenti geologici profondi e di caratteristiche adeguate che ne dovrebbero impedire la reimmissione in atmosfera. Nel nostro Paese, come in altri, le opzioni principali sono due:

- pompaggio nei giacimenti esauriti di gas e petrolio;
- immissione nei cosiddetti acquiferi salini[3], formazioni stabili sotterranee non altrimenti utilizzabili, e in fondali oceanici situati a grande profondità (oltre 1.000 m sotto il livello del mare) dove la $CO_2$ si manterrebbe allo stato liquido indefinitamente a causa dell'enorme pressione ivi esistente.

Dal punto di vista tecnico, queste proposte - il cui sviluppo già costituisce di per sé un programma di ampie dimensioni - sono già oggi realizzabili con qualche aggiustamento e modifica di tecnologie esistenti in modo da consentire uno sviluppo graduale delle infrastrutture del settore energetico e quindi una riduzione degli inquinanti nel breve-medio termine. È tuttavia da tener presente che la produzione di idrogeno da combustibili fossili deve essere considerata come una sorta di "ponte tecnologico" verso la produzione da fonti rinnovabili - soluzione più promettente nel lungo termine - in quanto lascerebbe irrisolti in particolare i problemi economici a causa dell'inevitabile progressivo esaurimento delle riserve di combustibili fossili e del costo aggiuntivo del confinamento della $CO_2$.

## PRODUZIONE DA FONTI RINNOVABILI

Per quanto riguarda la produzione di idrogeno da fonti rinnovabili - modo sostanzialmente pulito e per questo ben più interessante - i processi possono essere sommariamente distinti in:

- produzione da biomasse;
- produzione dall'acqua.

Nella produzione di idrogeno a partire da biomasse nessuno dei processi proposti ha ancora raggiunto la maturità industriale. Le diverse alternative (gassificazione; pirolisi e successivo reforming della frazione liquida prodotta; produzione di etanolo e reforming dello stesso; produzione biologica attraverso processi basati su fenomeni di fotosintesi o di fermentazione) richiedono tutte un impegno notevole di ricerca, sviluppo e dimostrazione, anche se a livelli diversi. Le premesse sono comunque buone, tenuto anche conto dei diversi materiali utilizzabili.

**(2)** Immagazzinare in giacimenti geologici per impedire la reimmissione in atmosfera.
**(3)** Ammassi di rocce sedimentarie porose permeabili e saturate di acqua.



L'idrogeno può anche essere prodotto dall'acqua scindendo la stessa nei suoi componenti (idrogeno e ossigeno) attraverso diversi processi, tra i quali quello più consolidato è l'elettrolisi. Schematicamente questa è rappresentata dalla seguente reazione: acqua più energia elettrica uguale idrogeno più ossigeno:

$$H_2O + \text{elettricità} = H_2 + {}^{1}/{}_{2}\, O_2$$

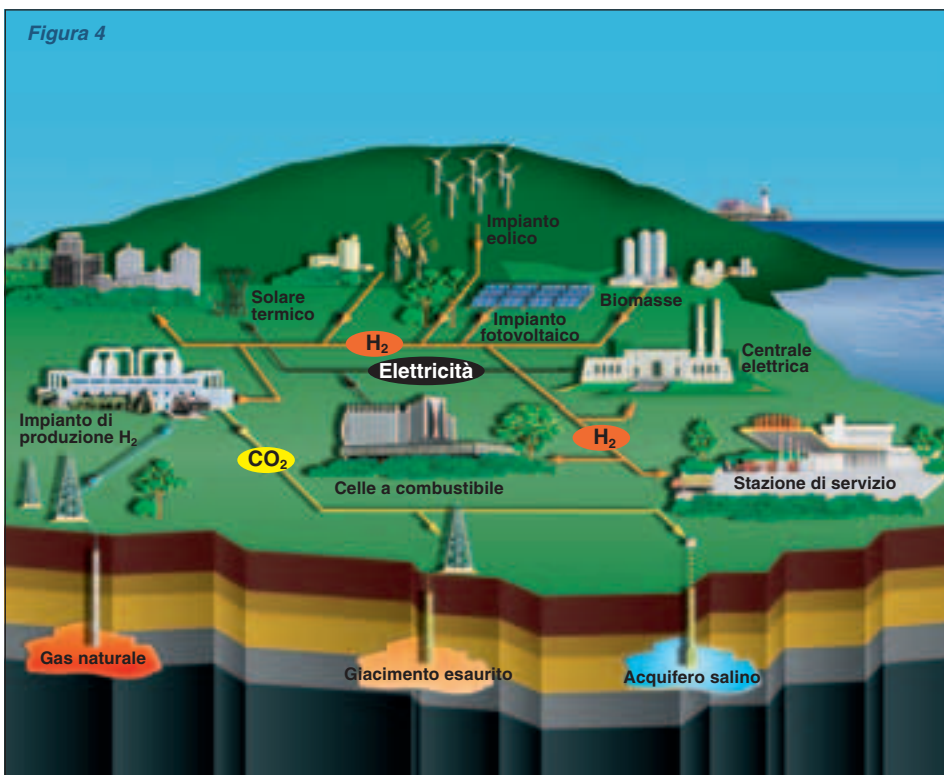
Si può notare subito che la reazione di elettrolisi risulta esattamente inversa a quella che avviene nelle celle a combustibile. Pertanto, l'intero processo di produzione e consumo è ambientalmente sostenibile purché sia disponibile una corrispondente quantità di energia elettrica pulita in grado di alimentare il processo di elettrolisi. È immediato pensare al sole come sorgente di questa energia, sfruttabile attraverso l'utilizzo di impianti di conversione fotovoltaica, la cui tecnologia già oggi può essere considerata tecnicamente affidabile e adeguata, anche se non ancora competitiva.
Infatti, mediante l'uso di energia solare fotovoltaica si può produrre idrogeno elettrolitico e ossigeno che poi possono essere fatti ricombinare nelle celle a combustibile per produrre l'energia elettrica di cui abbiamo bisogno. Come prodotto finale di scarto si genera una quantità di acqua pura pressappoco uguale a quella di partenza, chiudendo in tal modo il ciclo senza emissioni inquinanti. Infine, è evidente che le grandi distese oceaniche altro non sono che enormi riserve di idrogeno: ogni kg di acqua pura contiene 111 g di idrogeno che, una volta bruciato, potrebbe produrre 3.200 chilocalorie di energia termica. Pertanto dall'acqua, in linea di principio, sarebbe possibile estrarre tutto l'idrogeno necessario a soddisfare in modo pulito le esigenze energetiche dell'umanità.

Il problema attualmente è il costo. Con l'elettrolisi dell'acqua, infatti, è vero che si può ottenere idrogeno praticamente puro, ma solo a un prezzo che può diventare economicamente accettabile in una prospettiva ancora lontana, allorquando le innovazioni tecnologiche potrebbero consentire un costo estremamente basso dell'energia elettrica, prodotta da fonti rinnovabili (o da nucleare). Pertanto tale scelta non appare, allo stato attuale delle conoscenze, economicamente ed energeticamente perseguibile, se non per applicazioni particolari (ad esempio aree remote).

La dissociazione dell'acqua può essere effettuata anche facendo uso di processi termochimici che utilizzano calore ad alta temperatura (800-1000 °C) ottenuto da fonti diverse (prima fra tutte l'energia solare termica); sono in corso, anche in Italia, attività di ricerca e sviluppo tese a dimostrare la fattibilità industriale di tali processi ed il potenziale nel lungo termine sembra essere molto interessante.

Altri processi, ancora allo stato di laboratorio, sono la fotoconversione che scinde l'acqua usando organismi biologici o materiali sintetici, e i processi fotoelettrochimici, che usano per lo stesso scopo una corrente elettrica generata da semiconduttori.

# STOCCAGGIO E DISTRIBUZIONE

Nella figura 4 è riportato uno schema dei possibili metodi di produzione e di utilizzazione dell'idrogeno. A sinistra, notiamo un impianto di produzione tradizionale tipo "steam reforming" alimentato da gas naturale trasportato da un metanodotto. La $CO_2$ coprodotta (linea gialla) viene separata e confinata in giacimenti esauriti di idrocarburi o in acquiferi salini a grande profondità (come si vede in basso).

Nella parte superiore sono indicate le altre tecnologie di produzione da fonti rinnovabili (linea arancione): solare termico, impianti eolici, fotovoltaici, biomasse. L'idrogeno prodotto sarà poi utilizzato in centrali termoelettriche tradizionali, in impianti a celle a combustibile o nei trasporti, sfruttando veicoli a combustione interna o a celle (parte destra della figura). L'energia elettrica così prodotta potrà essere dedicata all'alimentazione delle utenze diffuse (linea nera).

L'idrogeno può essere trasportato e accumulato in forma gassosa, liquida oppure adsorbito su materiali speciali *(v. riquadro p. 11)*; ogni forma presenta aspetti favorevoli e svantaggi e tutte, se pur in gran parte già utilizzate, richiedono significativi sforzi di ricerca e sviluppo per un impiego su larga scala affidabile e economicamente competitivo, come nel caso di una rete adeguata per il rifornimento degli autoveicoli.



i

## PRODUZIONE

Fossili
- Petrolio → Reforming
- Gas naturale → Reforming
- Carbone → Gassificazione
- Nucleare → Processi termochimici

Rinnovabili
- Eolico, Fotovoltaico → Elettrolisi
- Solare → Processi termochimici
- Biomasse → Gassificazione

$CO_2$ → IDROGENO

$CO_2$ → Confinamento $CO_2$

## DISTRIBUZIONE E TRASPORTO

**Un ampio uso dell'idrogeno come vettore energetico richiede una sua disponibilità su larga scala, per le diverse applicazioni e in prossimità del punto d'uso**

**Distribuzione in forma gassosa**
- Trasporto su strada
- Idrogenodotti

**Distribuzione in forma liquida**

## STOCCAGGIO

**Accumulo in forma gassosa**
- Idrogeno in bombole ad alta pressione in materiale composito

**Accumulo in forma liquida**
- Idrogeno in serbatoi criogenici

**Accumulo "chimico"**
- Idruri metallici
- Nanostrutture di carbonio
  - Nanofibre
  - Nanotubi

## UTILIZZO

**Usi industriali**

**Sistemi di generazione stazionaria**
- Celle a combustibile
- Turbine

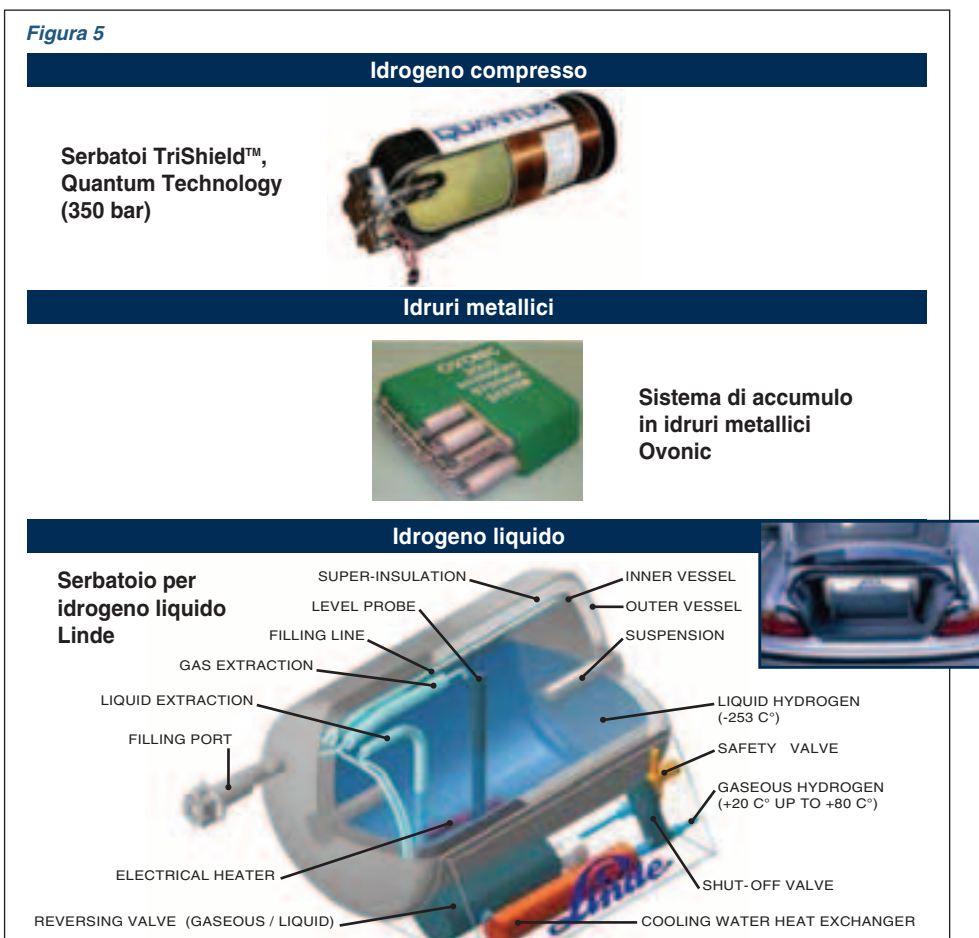
**Sistemi per trasporto**
- Celle a combustibile
- Motori a combustione interna

## CONFINAMENTO DELLA $CO_2$

**Sono allo studio diverse soluzioni per il sequestro della $CO_2$ come il confinamento geologico in acquiferi salini e giacimenti esauriti di metano o petrolio.**

- Stoccaggio sotterraneo
- Uso industriale
- Fotosintesi mirata alla $CO_2$
- Cattura dall'atmosfera
- Produzione prodotti
- Sequestro negli oceani

Per il trasporto dell'idrogeno gassoso si può pensare a idrogenodotti ed esistono esperienze significative in tal senso ma vanno migliorate le tecnologie per i materiali da impiegare e per la compressione del gas (minore potere calorifico e quindi maggiori portate per la stessa quantità di energia). Il trasporto in forma liquida in bombole utilizzando autocarri presenta problematiche ancora più complesse e sembra, in prospettiva, conveniente solo per quantità limitate e percorrenze elevate.
I metodi di stoccaggio dipendono dalle applicazioni considerate e sono critici soprattutto per l'impiego a bordo di veicoli, richiedendo una elevata densità di energia. Esistono diverse tecnologie di accumulo dell'idrogeno, le quali comunque devono rispondere a requisiti di efficienza, praticità ed economicità. Nessuna di queste è ad oggi pienamente soddisfacente; tuttavia nel seguito vengono descritte brevemente quelle più promettenti, facendo riferimento - per semplicità - all'uso come combustibile per automobili, certamente una delle applicazioni più appetibili. Qui le soluzioni possibili prevedono la compressione del gas, la sua liquefazione e infine l'accumulazione su idruri metallici *(figura 5)*.

*Figura 5*

## COMPRESSIONE

Il modo più semplice ed economico per accumulare idrogeno è di utilizzarlo sotto forma di gas compresso a pressione di 200-250 bar (ed oltre). La tecnologia risulta tuttavia non facilmente proponibile per l'uso a bordo di auto tradizionali, a causa del peso ed ingombro dei serbatoi attualmente utilizzati, che rappresentano un limite all'autonomia e capacità di carico del veicolo.

Di recente, notevoli progressi sono stati fatti con l'introduzione di serbatoi con struttura metallica o termoplastica rinforzata con fibre di carbonio, di vetro ed arammidiche(4), che presentano un peso 3-4 volte inferiore a quello dei comuni serbatoi e che consentono di superare in parte gli inconvenienti dell'uso delle bombole tradizionali. Questi serbatoi sono in grado di operare a pressioni fino a 350 bar (potenzialmente fino a 700 bar) e consentono quindi di ottenere densità di accumulo di idrogeno adeguate all'uso a bordo di veicoli. Le caratteristiche di sicurezza sono solitamente molto elevate, grazie alla robustezza dei serbatoi ed all'introduzione di fusibili antiscoppio in caso di incendio, e di valvole di interruzione del circuito in caso di urto.

Per quanto riguarda normative di sicurezza e licenze per usi a bordo di veicoli, le bombole di idrogeno sono soggette a restrizioni analoghe a quelle adottate nel caso del gas naturale.

## LIQUEFAZIONE

L'idrogeno può essere immagazzinato anche in forma liquida ad una temperatura di -253 °C. Per mantenere queste temperature sono stati messi a punto serbatoi criogenici a doppia parete, con un'intercapedine, dove viene fatto il vuoto (serbatoi tipo “dewar”). Questa tecnologia è ormai consolidata in Germania, dove la BMW la utilizza da oltre 15 anni su auto ad idrogeno alimentate con motori a combustione interna.

L'accumulo in forma liquida è forse la tecnologia che oggi meglio soddisfa, da un punto di vista teorico, le esigenze specifiche dell'autotrazione; tuttavia anch'essa presenta dei limiti. A sfavore dell'idrogeno liquido giocano la maggiore complessità del sistema, non solo a bordo del veicolo ma anche a terra, per la distribuzione ed il rifornimento, ed i maggiori costi ad esso associati. Anche il costo energetico della liquefazione è considerevole, corrispondendo a circa il 30% del contenuto energetico del combustibile, contro un valore compreso tra il 4% ed il 7% per l'idrogeno compresso.

## ACCUMULO CHIMICO

L'idrogeno può legarsi chimicamente con diversi metalli e leghe metalliche formando idruri, composti in grado di intrappolare idrogeno a pressioni relativamente basse. Il gas penetra all'interno del reticolo cristallino del metallo, andando ad occupare i siti interstiziali. Tale tecnologia permette di raggiungere densità energetiche potenzialmente maggiori dell'idrogeno compresso e paragonabili con quelle dell'idrogeno liquido. Il volume di stoccaggio si potrebbe ridurre di 3-4 volte, rendendo possibile l'uso nelle autovetture, mentre l'energia specifica dipende dal peso specifico del metallo di base. Le percentuali in peso dell'idrogeno sul peso del metallo variano dall'1 al 12,7% (idruro di litio) mentre per le comuni bombole tale percentuale è di poco superiore all'1%.

A fronte di tali caratteristiche positive, esistono ancora numerosi problemi da superare per la realizzazione di sistemi di accumulo veramente competitivi. Ad esempio, occorre lavorare ancora per migliorare la stabilità strutturale e termica del materiale, per depurarlo dalle impurità presenti nell'idrogeno, per rendere compatibili temperatura e pressione con le applicazioni previste, ecc.

**(4)** A base di ammidi aromatiche.

Comunque, allo stato attuale, i materiali disponibili portano a sistemi di accumulo troppo pesanti: a parità di peso, il veicolo presenta un'autonomia tre volte inferiore a quella ottenibile con idrogeno liquido o compresso con serbatoi di tipo avanzato. Sono invece indubbi i vantaggi in termini di convenienza, compattezza, stabilità dello stoccaggio, sicurezza.

Una tecnologia recentissima e ancora sperimentale riguarda l'utilizzo di nanostrutture di carbonio (nanotubi e nanofibre di carbonio), scoperte all'inizio degli anni 90, che stanno dimostrando buone capacità di adsorbimento dell'idrogeno, con risultati in alcuni casi sorprendenti. Su questi materiali sono in corso ricerche da parte di numerosi gruppi di lavoro, ma i risultati ottenuti, spesso in contrasto tra di loro, sono per il momento difficilmente confrontabili in quanto le esperienze sono state effettuate su campioni di materiali di diverso tipo, provati in condizioni di pressione e temperatura molto diverse tra loro. Il campo di variazione della pressione va da pochi bar ad alcune centinaia di bar, la temperatura da 80 °K a 800 °K, le percentuali di adsorbimento in peso variano da valori inferiori all'1% ad un incredibile 60%.

### DISTRIBUZIONE

A seconda delle quantità interessate, l'idrogeno può essere trasportato per mezzo di autocisterne o con idrogenodotti. Fra le due opzioni, entrambe praticabili con le tecnologie attuali, esistono grosse differenze di costo e quindi solo specifiche analisi tecnico-economiche per le singole applicazioni possono determinare quale sia di volta in volta la soluzione migliore.
Tubazioni di grosse dimensioni in acciaio standard (e quindi senza requisiti specifici) hanno trasportato idrogeno in Germania, nel distretto della Ruhr, dai produttori ai consumatori sin dal 1938, senza particolari problemi di sicurezza (le tubazioni erano provviste di sensori per possibili fughe ed erano previste periodiche ispezioni di controllo).

D'altra parte è utile ricordare come anche in Italia, per più di 70 anni, si è distribuito nelle città senza problemi particolari il cosiddetto "gas di città", costituito da miscele di idrogeno (50%) e monossido di carbonio (50%), dove l'elemento di maggiore pericolosità era il monossido di carbonio, in quanto altamente tossico. Attualmente anche città a densità di popolazione estremamente elevate, come Pechino, sono servite da reti di distribuzione di questo tipo di gas. Idrogenodotti di dimensioni significative sono attualmente presenti in diverse nazioni: esiste una rete di circa 170 km nella Francia del Nord, per un totale nell'intera Europa di più di 1.500 km. Il Nord America, poi, possiede più di 700 km di condutture per il trasporto dell'idrogeno.

L'esperienza accumulata nel settore della distribuzione gas può quindi essere utilizzata in maniera molto diretta anche per la realizzazione e l'esercizio di reti di distribuzione dell'idrogeno, grosso modo simili alle attuali reti per il gas naturale; le maggiori differenze potrebbero risiedere nei materiali utilizzati (alcuni acciai, tipo quelli al cromo e al molibdeno, hanno migliore compatibilità con l'idrogeno) e nei criteri di progetto delle stazioni di pompaggio. In particolare, sebbene abbia una densità energetica volumetrica minore di quella del gas naturale, l'idrogeno è meno viscoso, per cui, con un'adatta progettazione, l'energia necessaria per il suo pompaggio diventa paragonabile a quella richiesta per la stessa quantità di energia trasportata con il gas naturale.

Reti di distribuzione per idrogeno liquido, risultando particolarmente costose e di difficile gestione, sono state realizzate solo per applicazioni particolarmente specializzate, come il rifornimento di veicoli spaziali.



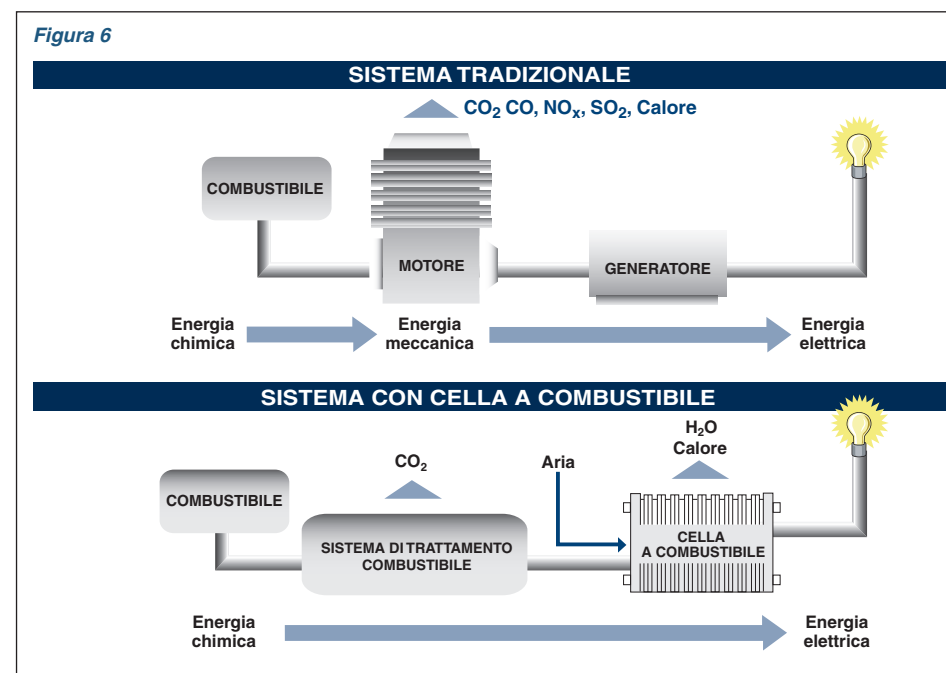
# UTILIZZO

Le due principali utilizzazioni previste in futuro per l'idrogeno e per cui si sta lavorando attualmente nei laboratori di ricerca applicata riguardano l'impiego come combustibile per la generazione di energia elettrica e per il trasporto. Impianti per la produzione centralizzata di energia elettrica e motori a combustione interna alimentati a idrogeno sono già fattibili sulla base delle tecnologie esistenti e anche con emissioni sensibilmente ridotte rispetto a quelle degli impianti convenzionali. Deve tuttavia essere ulteriormente migliorato il rendimento e abbassati i costi; per questo sono in corso di sperimentazione materiali e soluzioni innovative che dovrebbero arrivare a maturazione nel giro di alcuni anni.

Ma lo strumento principale il cui sviluppo condizionerà pesantemente la reale affermazione dell'idrogeno come vettore energetico pulito è senza dubbio la cella a combustibile. Diamo qui un cenno sul suo funzionamento e alcune indicazioni sullo sviluppo della tecnologia.

### LA CELLA A COMBUSTIBILE

Una cella a combustibile è un dispositivo elettrochimico che converte direttamente l'energia di un combustibile in elettricità e calore senza passare attraverso cicli termici e quindi senza risentire delle limitazioni imposte a questi ultimi dalla termodinamica *(figura 6)*. In sostanza funziona in modo analogo ad una batteria, in quanto produce energia elettrica attraverso un processo elettrochimico; a differenza di quest'ultima, tuttavia, consuma sostanze provenienti dall'esterno ed è quindi in grado di funzionare senza interruzioni, finché al sistema viene fornito combustibile ed ossidante.

*Figura 6*

### Come funziona una cella a combustibile

*Una cella a combustibile è un dispositivo elettrochimico che converte direttamente l'energia di un combustibile in elettricità e calore, senza passare attraverso cicli termici.*

*Una cella è composta da due elettrodi separati da un elettrolita.*

*Le reazioni che avvengono agli elettrodi consumano fondamentalmente idrogeno e ossigeno e producono acqua, attivando un passaggio di corrente elettrica nel circuito esterno.*

*L'elettrolita, che ha la funzione di condurre gli ioni prodotti da una reazione e consumati dall'altra, chiude il circuito elettrico all'interno della cella.*

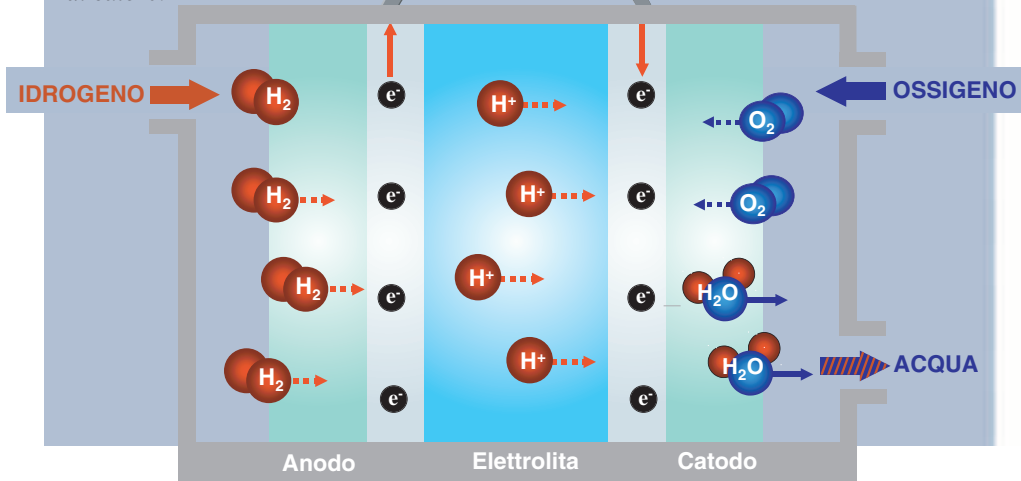
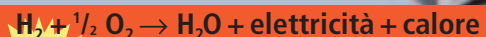
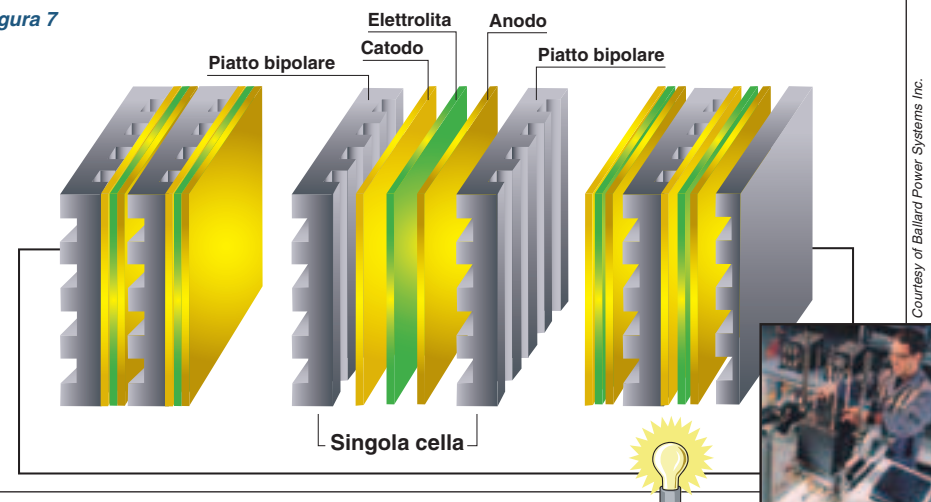
*La trasformazione elettrochimica è accompagnata da produzione di calore.*

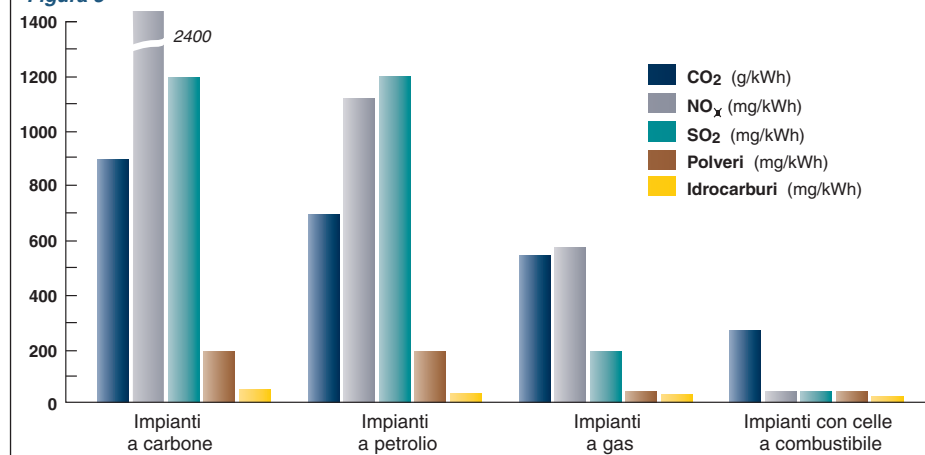
$H_2 + {}^1/_2\, O_2 \rightarrow H_2O$ + elettricità + calore

IDROGENO

OSSIGENO

ACQUA

Anodo Elettrolita Catodo

La cella *(v. riquadro sopra)* è composta da due elettrodi in materiale poroso, separati da un elettrolita. Gli elettrodi fungono da siti catalitici per le reazioni di cella che consumano fondamentalmente idrogeno ed ossigeno, con produzione di acqua e passaggio di corrente elettrica nel circuito esterno. L'elettrolita ha la funzione di condurre gli ioni prodotti da una reazione e consumati dall'altra, chiudendo il circuito elettrico all'interno della cella. La trasformazione elettrochimica è accompagnata da produzione di calore, che è necessario estrarre per mantenere costante la temperatura di funzionamento della cella.

Costruttivamente le celle sono disposte in serie *(figura 7)*, a mezzo di piatti bipolari a formare il cosiddetto "stack". Gli stack a loro volta sono assemblati in moduli per ottenere generatori della potenza richiesta. Si ottiene in questo modo un dispositivo ad elevata efficienza di conversione energetica, di rendimento quasi indipendente dal carico e dalla taglia dell'impianto, flessibile nell'uso dei combustibili di partenza, di impatto ambientale assai ridotto *(figura 8)* con emissioni trascurabili e bassa rumorosità.

Comunque, nonostante i notevoli progressi compiuti a livello mondiale per affinare la tecnologia e le caratteristiche delle celle *(v. riquadro p. 18)*, c'è da fare ancora molto lavoro per migliorare le prestazioni dei materiali; per incrementare le prestazioni energetiche e ambientali; per aumentare l'affidabilità e la durata; per semplificare i sistemi e ridurre i costi; per creare una rete di distribuzione del combustibile; e infine per consentire l'emissione di standard e normative.

## Tipi di celle e loro caratteristiche

| Tipi di celle | Temperatura | Elettrolita | Stato della tecnologia | Applicazioni |
|---|---|---|---|---|
| Celle alcaline | 60-120 C | Idrossido di potassio | Sistemi 5-80 kW | • Applicazioni spaziali<br>• Generatori portatili<br>• Trasporto |
| Celle ad elettrolita polimerico | 70-100 C | Membrana polimerica | Sistemi 1-250 kW | • Generazione portatile<br>• Usi residenziali<br>• Trasporto |
| Celle ad acido fosforico | 160-220 C | Acido fosforico | Impianti dimostrativi fino a 11 MW | • Cogenerazione<br>• Potenza distribuita |
| Celle a carbonati fusi | 600-650 C | Carbonato di litio e potassio | Impianti dimostrativi fino a 2 MW | • Cogenerazione industriale<br>• Potenza distribuita |
| Celle ad ossidi solidi | 800-1000 C | Ossido di zirconio drogato | Stack 25 kW Impianto 220 kW | • Cogenerazione industriale<br>• Potenza distribuita |

Impianto UTC Fuel Cells da 1 MW ad acido fosforico

Sistema da 1 kW a idrogeno Nuvera Fuel Cells

Stack a carbonati fusi Ansaldo Fuel Cells Co per impianto 100 kW

Schema di impianto a carbonati fusi Ansaldo Fuel Cells Co serie 500

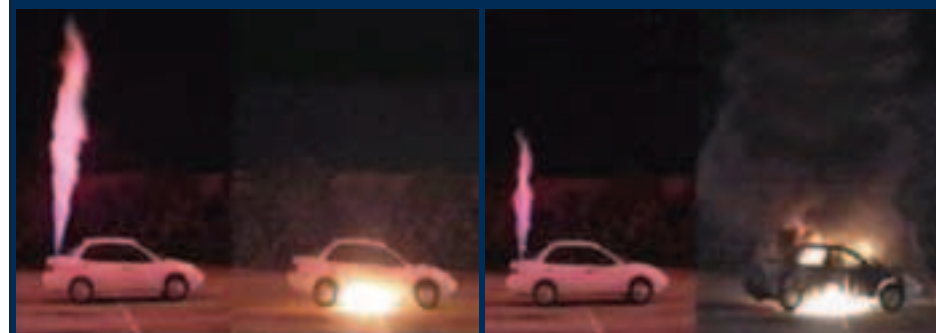
## LA QUESTIONE SICUREZZA

Esistono ancora molte perplessità per agli aspetti di sicurezza a causa della poca familiarità con questo vettore, il che porta ad applicare condizioni particolarmente restrittive per la sua utilizzazione. Tuttavia, al di là della soggettiva “percezione di rischio”, un’analisi attenta ridimensiona il concetto di pericolosità dell’idrogeno.

Questo gas è meno infiammabile della benzina. Infatti la sua temperatura di autoaccensione è di circa 550 °C, contro i 230-500 °C (a seconda dei tipi) della benzina.
L’idrogeno è il più leggero degli elementi (quindici volte meno dell’aria), e perciò si diluisce molto rapidamente in spazi aperti.
È praticamente impossibile farlo detonare, se non in spazi confinati. Per individuare concentrazioni potenzialmente pericolose (> 4% in aria) si utilizzano sensori che possono facilmente comandare adeguati sistemi di sicurezza.
I veicoli prototipo della BMW, ad esempio, hanno vetri e tettuccio che, in caso di presenza del gas, si aprono automaticamente.

Quando brucia, l’idrogeno si consuma molto rapidamente, sempre con fiamme dirette verso l’alto e caratterizzate da una radiazione termica a lunghezza d’onda molto bassa, quindi facilmente assorbibile dall’atmosfera.
Per contro materiali come la benzina, il gasolio, il GPL od il gas naturale sono più pesanti dell’aria e, non disperdendosi, rimangono una fonte di pericolo per tempi molto più lunghi. È stato calcolato, facendo uso di dati sperimentali, che l’incendio di un veicolo a benzina si protrae per 20-30 minuti, mentre per un veicolo ad idrogeno non dura più di 1-2 minuti *(figura 9)*.

La bassa radiazione termica, propria delle fiamme da idrogeno, fa sì che esistano poche possibilità (al di là dell’esposizione diretta alla fiamma) che materiali vicini possano essere a loro volta incendiati, riducendo così, oltre alla durata dell’incendio, anche il pericolo di emissioni tossiche.
L’idrogeno, al contrario dei combustibili fossili, non è tossico, né corrosivo ed eventuali perdite dai serbatoi non causano problemi di inquinamento del terreno o di falde idriche sotterranee.

*Figura 9*

# RICERCA E SVILUPPO

**ALL'ESTERO**

I principali Paesi industrializzati nel mondo, in particolare Stati Uniti, Giappone, Unione Europea hanno tutti programmi di ricerca e sviluppo in corso, sia a breve che a medio termine, finalizzati a perfezionare la tecnologia delle celle e ad introdurre lo sfruttamento dell'idrogeno nella produzione di energia nel giro di alcuni anni.

A livello europeo, nell'ottobre 2002, è stato costituito un gruppo di esperti composto da rappresentanti di grandi industrie del settore automobilistico ed energetico, dei servizi pubblici, di istituti di ricerca, con il compito di definire un programma e le priorità per promuovere la diffusione e l'utilizzo dell'idrogeno.
Nel giugno 2003 a Bruxelles è stato da questi presentato un documento sulla "Visione Europea" che, di pari passo con lo sviluppo delle celle a combustibile e delle tecnologie correlate, prevede che intorno al 2050 l'idrogeno prodotto da fonti rinnovabili rivestirà un ruolo importante nella produzione di energia.

**IN ITALIA**

In Italia, da un punto di vista energetico, la disponibilità di un vettore flessibile e pulito prodotto a partire da fonti diversificate, sia fossili che rinnovabili, è di estremo interesse per il nostro Paese, vista la sua dipendenza dalle importazioni di gas e di petrolio e l'estrema vulnerabilità del sistema elettrico in caso di aumento dei consumi o di difficoltà di importazione dell'energia.

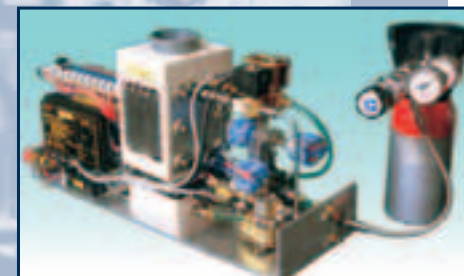
Analogo interesse rivestono i risvolti ambientali connessi con tale scelta che potranno favorire il conseguimento degli obiettivi previsti dal Protocollo di Kyoto[(5)] e dare un contributo significativo alla riduzione dell'inquinamento locale.
In particolare l'impiego dell'idrogeno nei trasporti contribuirebbe a migliorare la qualità dell'aria nei centri urbani che, nonostante i grandi progressi realizzati e attesi nei veicoli convenzionali e nei relativi sistemi di abbattimento, ancora presenta delle criticità (smog fotochimico, particolato, poliaromatici, ecc.).
Infine, per ultimo ma non ultimo, tutti questi benefici si combinano anche con gli interessi dell'industria nazionale: l'essere presenti nel mercato che si aprirà di qui a pochi anni è indispensabile per aspirare a una posizione competitiva in questo business.

D'altra parte, gli ingenti investimenti necessari richiedono il coinvolgimento attivo e convinto dei principali attori nazionali interessati (governo, società energetiche, industrie, utenti, strutture di ricerca); inoltre le numerose competenze necessarie e i diversi interessi coinvolti devono essere gestite in un quadro organico e unitario, che persegua in maniera coordinata obiettivi di interesse strategico per il Paese, avvalendosi anche di collaborazioni internazionali.
L'ENEA, per il suo ruolo e le sue competenze, intende contribuire allo sviluppo di tale programma in collaborazione con tutti i soggetti nazionali interessati.
Nel *(v. riquadro p. 21)* sono illustrati, a titolo di esempio, alcuni sistemi di celle a elettrolita polimerico a cui sta lavorando attualmente l'Ente.

(5) Il Protocollo di Kyoto del 1998 prevede che tutti i Paesi industrializzati si impegnino a ridurre, per il periodo 2008-2012, il totale delle emissioni di gas ad effetto serra almeno del 5% rispetto ai livelli del 1990. L'Italia si è impegnata per il 6,5%.

**Sistemi di celle**

*Sistema da 15kWe a gas naturale (1999-2003) MIUR L. 95/95*
*Partner: CNR-IT AE, Nuvera Fuel Cells Europe, Politecnico di Milano, Università di Roma, Genova e Torino.*

*Realizzazione e sperimentazione di un sistema di propulsione a idrogeno da 30 kW di tipo ibrido con celle a combustibile (PEFC 5 kW) per trazione.**

*Prototipi di diversa taglia (portatile da 150 W, unità da 300 W per bicicletta elettrica).**

** Stack*
Riassumendo, le attività previste in Italia per il breve-medio termine riguarderanno:

**1** per la produzione:
- la generazione di idrogeno pulito a partire da combustibili fossili;
- la valutazione e la fattibilità delle opzioni disponibili per il confinamento della $CO_2$;
- la produzione da fonti rinnovabili, in particolare dall'energia solare;
- la messa a punto di sistemi di trasporto e distribuzione; la creazione di una rete di infrastrutture e di stoccaggio;

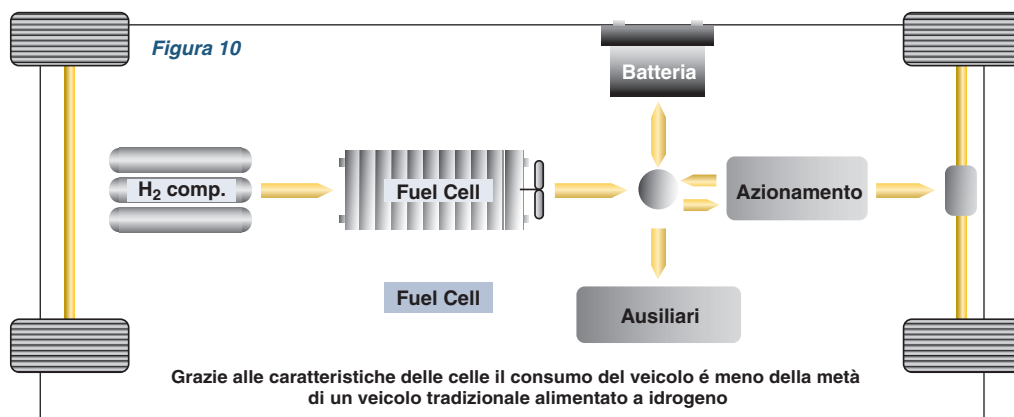
**2** per l'utilizzazione:
- la generazione di energia elettrica stazionaria, sia centralizzata in impianti di taglia industriale, sia distribuita in sistemi portatili e per utenze familiari;
- lo sviluppo di autoveicoli funzionanti a idrogeno.

# I VEICOLI A IDROGENO

Come si è visto nel riquadro a pagina 4, a livello globale circa il 30% delle emissioni di $CO_2$ in atmosfera è causato dai trasporti, del resto responsabili anche per altri tipi di inquinamento. Oltre ad agire sull'efficienza dei veicoli tradizionali e a cercare di utilizzare combustibili più puliti, per cercare di limitare l'effetto serra appare opportuno sviluppare la tecnologia del veicolo elettrico e, fra le varie soluzioni, quella più promettente a medio-lungo termine è basata sull'uso dell'idrogeno in veicoli equipaggiati con celle a combustibile. È per questi motivi che si dedicherà un po' di attenzione all'approfondimento di questa opportunità.

### L'UTILIZZO DELLE CELLE A COMBUSTIBILE NELLA TRAZIONE

L'intervento in questo settore è orientato allo sviluppo sia di motori a combustione interna, sia di motori con celle a combustibile **(fig. 10)**, questi ultimi essenziali per un sistema di trasporto a minimo impatto ambientale. L'uso delle celle a combustibile per la trazione presenta infatti numerosi vantaggi ma comporta un grosso cambiamento rispetto alla filosofia attuale dei veicoli.

Grazie alle caratteristiche delle celle il consumo del veicolo é meno della metà di un veicolo tradizionale alimentato a idrogeno

I veicoli con motori a celle a combustibile hanno tutte le caratteristiche *(v. riquadro sotto)* di un veicolo elettrico, in quanto il sistema di generazione produce corrente continua. Su questi si troveranno quindi tutti i sistemi di regolazione e controllo della trazione propri dei veicoli a batteria. Inoltre la presenza di un motore elettrico e di un sistema di accumulo consente il "recupero in frenata", opzione che, soprattutto in cicli caratterizzati da molte accelerazioni e frenate, come quelli urbani, può portare a notevoli risparmi di combustibile.

**Veicoli con motori a celle a combustibile**

**Pro**
- *Emissioni zero*
- *Alta efficienza*
- *Buone prestazioni (autonomia, accelerazione)*
- *Bassi costi di manutenzione (confrontati ai motori a combustione interna)*

**Contro**
- *Stoccaggio a bordo dell'idrogeno*
- *Infrastrutture*
- *Sicurezza e normativa*



Le prestazioni sono paragonabili a quelle dei veicoli tradizionali e l'autonomia dipende ancora una volta dalla tecnologia utilizzata per lo stoccaggio dell'idrogeno ma la maggior efficienza delle celle a combustibile (circa il doppio dell'equivalente motore convenzionale su cicli urbani, in quanto le celle non sono penalizzate nel funzionamento a potenza ridotta) semplifica un poco questo problema.
La guidabilità è quella dei veicoli elettrici che, come detto, ben si presta soprattutto a cicli urbani caratterizzati da accelerazioni a bassa velocità.

L'impatto ambientale di un veicolo a celle alimentato ad idrogeno è praticamente nullo, con i gas di scarico che contengono solamente aria e vapor d'acqua. Le caratteristiche delle celle (modularità, rendimenti elevati anche per dimensioni medio-piccole e per carichi parziali) permettono inoltre la realizzazione di veicoli con taglie anche molto diverse (dalla bici all'auto, all'autobus, alle motrici ferroviarie) con la stessa tecnologia e con caratteristiche di prestazioni, consumi ed impatto ambientale equivalenti.

Nel campo della trazione, dopo i primi prototipi realizzati con tecnologie diverse, il tipo di cella su cui si sono concentrati tutti i costruttori di veicoli è quello ad elettrolita polimerico, che meglio soddisfa i requisiti specifici dell'uso sui veicoli stradali *(v. riquadro sotto)*. Anche il grado di maturità tecnologica sta crescendo, avendo le maggiori case automobilistiche già realizzato i primi prototipi marcianti, sia di autovetture che di autobus, anche se resta ancora molta strada da fare per iniziare una produzione di serie.

**Celle a elettrolita polimerico**

*Rappresentano la tecnologia su cui sono focalizzate le attività di sviluppo dei principali costruttori automobilistici.*

**Vantaggi**
- *Funzionamento a bassa temperatura*
- *Elevata densità di potenza dello stack (~ 1,7 kW/l, ~ 1,3 kW/kg)*
- *Assenza di problemi di corrosione tipici di altri tipi di celle con elettrolita liquido*
- *Relativa semplicità costruttiva*
- *Rapidità di partenza a freddo (circa un minuto)*
- *Con idrogeno come combustibile il veicolo è a "zero emissioni"*

Il fattore chiave su cui occorre focalizzare l'attenzione è rappresentato dalla riduzione dei costi. Il target per un sistema con celle a combustibile, fissato dai costruttori di veicoli, è dello stesso ordine di grandezza di quello degli odierni motori (50-100 $/kW) ma attualmente il costo di questi ultimi è di gran lunga inferiore a quello degli attuali prototipi di sistemi con celle (5.000-10.000 $/kW).
Data la semplicità costruttiva di queste è facile ipotizzare che, in presenza di produzioni di massa, tali costi potranno essere drasticamente ridotti, almeno per quanto riguarda la manodopera e le lavorazioni meccaniche, ma attualmente il costo dei materiali (particolarmente catalizzatore, elettrodi e membrana) è ancora troppo alto per raggiungere gli obiettivi prefissati. Comunque tutti i principali costruttori automobilistici hanno in corso ricerche per tentare di abbattere i costi di questi componenti *(figura 11)*.

Figura 11

## QUANDO IL VEICOLO A IDROGENO?

Vi sono diversi impedimenti che si oppongono alla penetrazione del veicolo a idrogeno e che richiedono uno sforzo notevole per la loro rimozione da parte di tutti i soggetti coinvolti (ed in particolare da parte delle autorità pubbliche) per far sì che la tecnologia si affermi definitivamente su larga scala nel giro di qualche decennio. Le principali barriere sono tecnologiche, strutturali, economiche, normative, di accettazione sociale.

Tra i problemi tecnologici, il sistema d'accumulo dell'idrogeno a bordo è uno dei più critici in quanto condiziona pesantemente l'autonomia del veicolo rispetto ai concorrenti convenzionali a causa dell'eccessivo peso e ingombro dei serbatoi attuali. Vanno pertanto intensificati gli sforzi in ricerca, sviluppo e dimostrazione sulle opzioni di stoccaggio praticabili, con l'obiettivo di aumentare la densità energetica sia in volume sia in peso. Inoltre, il costo di una cella ad elettrolita polimerico, in un sistema di produzione ottimizzato di scala industriale, risulterà molto influenzato dal contenuto di metalli preziosi nel catalizzatore. È pertanto necessario operare una riduzione del contenuto di platino nei catalizzatori e, in prospettiva, l'utilizzo di nuovi materiali sostitutivi di costo inferiore.

Fra gli ostacoli strutturali si può includere la mancanza di una rete di stazioni di rifornimento: l'avvio della realizzazione delle infrastrutture di distribuzione è un'operazione complessa da attuarsi con i produttori di autoveicoli, sia per l'incertezza sulla redditività dell'investimento, in mancanza di una domanda ben quantificabile, sia per quanto riguarda la scelta delle tecnologie di produzione dell'idrogeno, la fonte da usare, la modalità d'approvvigionamento, la scelta dei siti. Dovranno essere previste almeno due fasi: una prima, sperimentale, durante la quale l'idrogeno potrà essere fornito da strutture ad hoc predisposte presso i gestori delle flotte ed aperte all'utenza esterna; una seconda, accompagnata necessariamente da incentivi pubblici per coprire le perdite iniziali, in cui la commercializzazione dovrà essere accompagnata, se non preceduta, dalla realizzazione di un numero adeguato di strutture di rifornimento distribuite sul territorio, in modo da non pregiudicarne il successo *(figura 12)*.

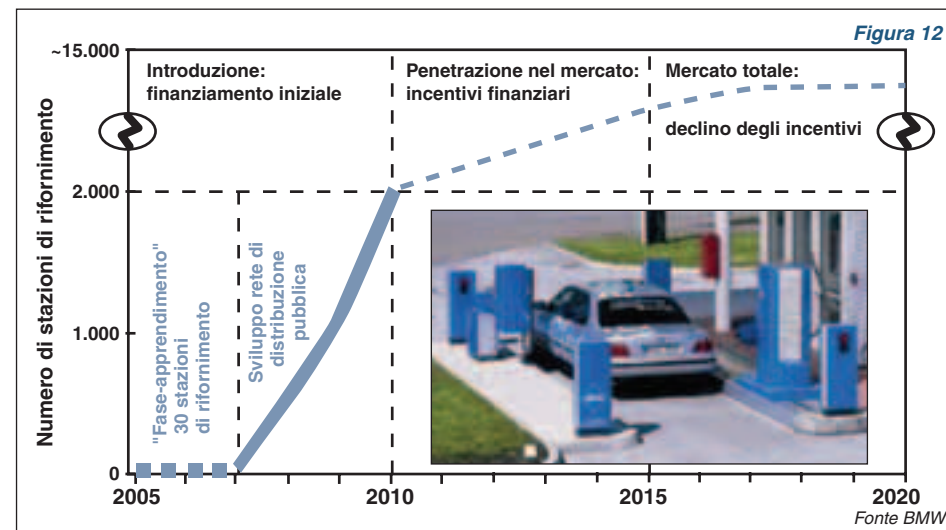



Figura 12

I costi di un veicolo a idrogeno rappresentano un altro handicap con cui confrontarsi. Dopo la fase prototipale in cui tali mezzi sono comunque fuori mercato, le valutazioni, dopo circa 15 anni dall'avvio della fase di commercializzazione e una volta che siano subentrate economie di scala, oscillano intorno al prezzo di 20.000 US$ per autovettura, superiore di circa 2.000 US$ rispetto alla stima del prezzo di un'autovettura convenzionale equivalente.

Si rendono poi necessari interventi tempestivi mirati all'adeguamento della normativa, strutturata ora sulla tecnologia dei mezzi convenzionali di trasporto, così come sarebbero utili norme incentivanti, che privilegino la circolazione degli autoveicoli a idrogeno nei centri urbani, in quanto a basso impatto ambientale, o che sopperiscano ad alcune difficoltà di ordine pratico dovute, per esempio, all'incertezza di poter disporre di un conveniente mercato dell'usato per il veicolo, alla difficoltà in alcuni casi di assicurarlo e/o di avere premi di assicurazione confrontabili a quelli dei veicoli convenzionali, ecc.

Infine, a livello psicologico, i cittadini tendono mediamente a privilegiare l'uso delle tecnologie consolidate perché più familiari e quindi percepite più sicure e più vantaggiose. La penetrazione di una nuova tecnologia quindi dovrà essere accompagnata da una campagna di informazione tendente a ridurre la barriera di accettabilità sociale, attraverso una evidenziazione dei vantaggi connessi alla tecnologia e delle modalità per superare i possibili inconvenienti.

Dovrà rendersi noto, pertanto, che sia la sicurezza sia le prestazioni degli impianti e della tecnologia dell'idrogeno non hanno niente da invidiare rispetto a quelli tradizionali; in particolare anzi, i vantaggi ambientali si presentano indubbiamente superiori. L'utente, quindi, dovrà sviluppare una sensibilità ecologica più spinta e considerarsi sempre più protagonista nella realizzazione di una società compatibile con la salvaguardia dell'ambiente. Solo in questo caso l'idrogeno ci potrà realmente dare una mano a mantenere l'aria più pulita e a migliorare la vivibilità del pianeta.

**L'ENEA** pubblica altri opuscoli sulle scelte più convenienti che tutti noi possiamo adottare per risparmiare energia e proteggere l'ambiente.
**P**otete richiedere gratuitamente gli opuscoli che vi interessano a:


**ENEA - Unità RES RELPROM**
Lungotevere Thaon di Revel, 76 - 000196 Roma - Fax 0636272288


## Ricerca e Innovazione per lo Sviluppo Sostenibile del Paese

L'ENEA è un ente di diritto pubblico operante nei campi della ricerca e dell'innovazione per lo sviluppo sostenibile, finalizzata a promuovere insieme gli obiettivi di sviluppo, competitività e occupazione e quello della salvaguardia ambientale. Svolge altresì funzioni di agenzia per le pubbliche amministrazioni mediante la prestazione di servizi avanzati nei settori dell'energia, dell'ambiente e dell'innovazione tecnologica.
In particolare l'Ente:

- svolge, sviluppa, valorizza e promuove la ricerca in tema di energia, ambiente e innovazione tecnologica nel quadro dei programmi di ricerca nazionali, dell'Unione Europea e di altre organizzazioni internazionali;
- sostiene e favorisce i processi di innovazione e di trasferimento tecnologico al sistema produttivo e alle pubbliche amministrazioni;
- fornisce supporto tecnico specialistico ed organizzativo alle amministrazioni, alle regioni e agli enti locali, nell'ambito di accordi di programma con i Ministeri dell'Industria, dell'Ambiente e dell'Università e della Ricerca Scientifica e con altre amministrazioni pubbliche.

L'Ente ha circa **3.600 dipendenti** che operano in Centri di Ricerca distribuiti su tutto il territorio nazionale. Nelle diverse regioni sono anche presenti **13 Centri di Consulenza Energetica Integrata** per la promozione e la diffusione degli usi efficenti dell'energia nei settori industriale, civile e dei trasporti.

## C.C.E.I. Centri di Consulenza Energetica Integrata

**Veneto** - C.C.E.I. ENEA - Calle delle Ostreghe, 2434 - C.P. 703 - 30124 VENEZIA - Tel. 0415226887 - Fax 0415209100 - **Liguria** - C.C.E.I. ENEA Via Serra, 6 - 16122 GENOVA - Tel. 010567141 - Fax 010567148 **Toscana** - C.C.E.I. ENEA - Via Ponte alle Mosse, 61 - 50144 FIRENZE Tel. 0553241227 - Fax 055350491 - **Marche** - C.C.E.I. ENEA - V.le della Vittoria, 52 - 60123 ANCONA - Tel. 07132773 - Fax 07133264 - **Umbria** C.C.E.I. ENEA - Via Angeloni, 49 - 06100 PERUGIA - Tel. 0755000043 Fax 0755006389 - **Lazio** - C.R. Casaccia - Via Anguillarese, 301 - 00060 ROMA - Tel. 0630483245 - Fax 0630483930 **Abruzzo** - C.C.E.I. ENEA - Via N. Fabrizi, 215/15 - 65122 PESCARA - Tel. 0854216332 - Fax 0854216362 - **Molise** - C.C.E.I. ENEA - Via Mazzini, 84 86100 CAMPOBASSO - Tel. 0874481072 - Fax 087464607 - **Campania** C.C.E.I. ENEA - Via della Costituzione Isola A/3 - 80143 NAPOLI - Tel. 081691111 - Fax 0815625232 - **Puglia** - C.C.E.I. ENEA - Via Roberto da Bari, 119 - 70122 BARI - Tel. 0805248213 - Fax 0805213898 - **Basilicata** C.C.E.I. ENEA - C/o SEREA - Via D. Di Giura, s.n.c. - 85100 POTENZA - Tel. 097146088 - Fax 097146090 - **Calabria** - C.C.E.I. ENEA - Via Argine Destra Annunziata, 87 - 89100 REGGIO CALABRIA - Tel. 096545028 - Fax 096545104 - **Sicilia** - C.C.E.I. ENEA - Via Catania, 2 - 90143 PALERMO Tel. 0917824120 - Fax 091300703

# PERCHÈ UN OPUSCOLO SULLA POMPA DI CALORE

Cos'è una pompa di calore? Come funziona? A cosa serve? È conveniente?

Questo opuscolo dell'ENEA vuole rispondere a queste e ad altre domande indicando le condizioni in cui, con la pompa di calore (p.d.c.), si può conseguire un risparmio energetico e, nel contempo, limitare l'impatto ambientale.

L'energia impiegata nel settore civile (residenziale e terziario) per il riscaldamento degli ambienti e dell'acqua sanitaria, rappresenta circa il 20% del consumo energetico totale italiano. Tale energia è prodotta, per la quasi totalità, da combustibili, liquidi e gassosi, con inquinamento atmosferico, che provoca danni all'ambiente ed effetti nocivi alla salute dell'uomo.
Le nuove esigenze legate al miglior standard di vita comportano l'utilizzazione del condizionamento non solo degli ambienti di lavoro, ma anche delle abitazioni, con conseguenti aumenti dei consumi energetici.

La pompa di calore, grazie alla sua capacità di funzionare anche come condizionatore d'aria, rappresenta un mezzo per migliorare il livello di comfort degli ambienti abitativi e di lavoro. Vedremo come la pompa di calore costituisce un utile strumento per conseguire significativi risparmi energetici, e quindi economici per i singoli cittadini e per l'intero paese, limitando le emissioni di inquinanti a livello locale.
**Risparmiare energia significa anche proteggere l'ambiente**

# COSA CONTIENE L'OPUSCOLO

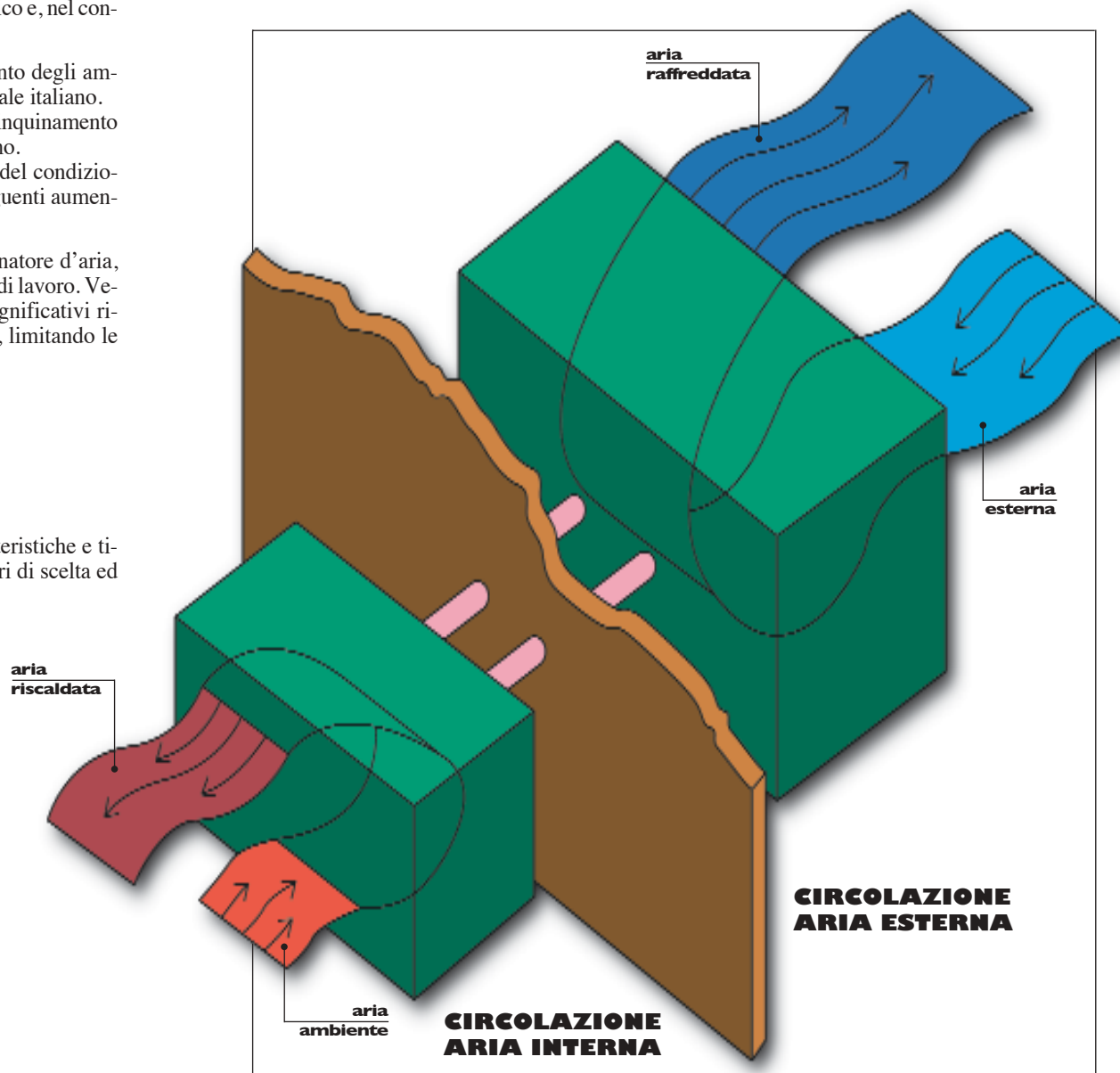
Con l'aiuto di schemi, diagrammi e tabelle, l'opuscolo dà informazioni su: caratteristiche e tipologie delle pompe di calore; principi di funzionamento; forme di utilizzo, criteri di scelta ed infine consigli pratici per l'installazione e la manutenzione.

In particolare:

1. **Che cos'è la pompa di calore**
2. **Com'è fatta, come funziona**
3. **La sua efficienza**
4. **Dove prende il calore: la sorgente fredda**
5. **Dove viene utilizzato il calore: il pozzo caldo**
6. **Le diverse pompe di calore**
7. **Applicazioni della pompa di calore**
8. **Le diverse taglie della pompa di calore**
9. **Scelta della pompa di calore**
10. **Dimensionamento**
11. **Installazione della pompa di calore**
12. **Manutenzione**
13. **Valutazioni economiche**



# 1 CHE COS'È LA POMPA DI CALORE

La pompa di calore è una **macchina in grado di trasferire calore da un ambiente a temperatura più bassa ad un altro a temperatura più alta.**
Essa opera con lo stesso principio del frigorifero e del condizionatore d'aria.

## 2 COME È FATTA E COME FUNZIONA

La pompa di calore è costituita da un circuito chiuso, percorso da uno speciale fluido (frigorigeno) che, a seconda delle condizioni di temperatura e di pressione in cui si trova, assume lo stato di liquido o di vapore.

Il circuito chiuso è costituito da:

- **un compressore**
- **un condensatore**
- **una valvola di espansione**
- **un evaporatore**

Il condensatore e l'evaporatore sono costituiti da scambiatori di calore, cioè tubi posti a contatto con un fluido di servizio (che può essere acqua o aria) nei quali scorre il fluido frigorigeno. Questo cede calore al condensatore e lo sottrae all'evaporatore.

I componenti del circuito possono essere sia raggruppati in un unico blocco, sia divisi in due parti (sistemi "SPLIT") raccordate dai tubi nei quali circola il fluido frigorigeno.

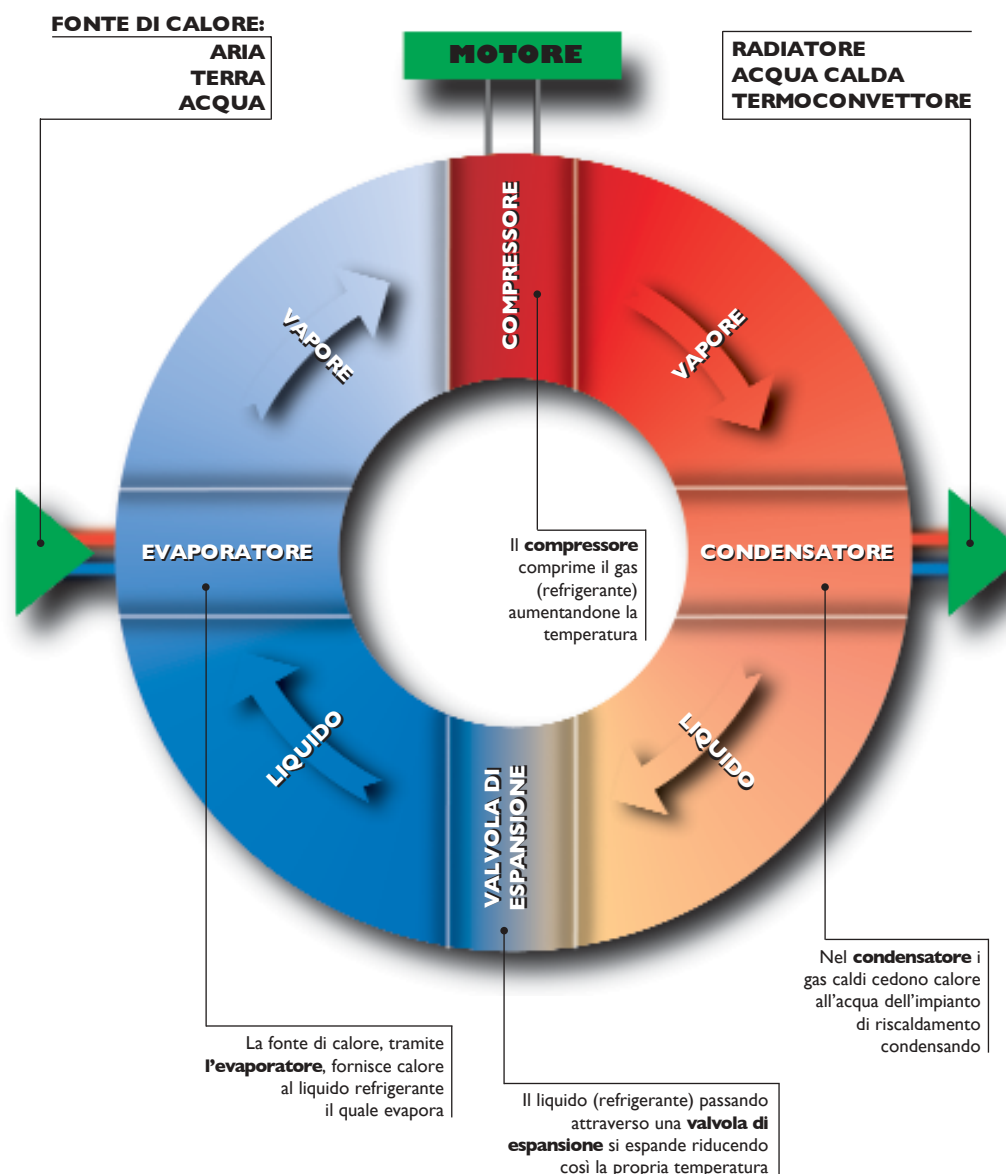
Nel funzionamento il fluido frigorigeno, all'interno del circuito, subisce le seguenti trasformazioni:

- **Compressione:** il fluido frigorigeno allo stato gassoso e a bassa pressione, proveniente dall'evaporatore, viene portato ad alta pressione; nella compressione si riscalda assorbendo una certa quantità di calore.

- **Condensazione:** il fluido frigorigeno, proveniente dal compressore, passa dallo stato gassoso a quello liquido cedendo calore all'esterno.

- **Espansione:** passando attraverso la valvola di espansione il fluido frigorigeno liquido si trasforma parzialmente in vapore e si raffredda.

- **Evaporazione:** il fluido frigorigeno assorbe calore dall'esterno ed evapora completamente.

L'insieme di queste trasformazioni costituisce il ciclo della pompa di calore: fornendo energia con il compressore, al fluido frigorigeno, questo, nell'evaporatore, assorbe calore dal mezzo circostante e, tramite il condensatore, lo cede al mezzo da riscaldare.

## 3 EFFICIENZA DELLA POMPA DI CALORE

Nel corso del suo funzionamento, la pompa di calore:

- **Consuma energia elettrica** nel compressore;

- **Assorbe calore nell'evaporatore,** dal mezzo circostante, che può essere aria o acqua;

- **Cede calore al mezzo** da riscaldare nel condensatore (aria o acqua).

Il vantaggio nell'uso della pompa di calore deriva dalla sua capacità di fornire più energia (calore) di quella elettrica impiegata per il suo funzionamento in quanto estrae calore dall'ambiente esterno (aria-acqua).

L'efficienza di una pompa di calore è misurata dal **coefficiente di prestazione "C.O.P."** che è il rapporto tra energia fornita (calore ceduto al mezzo da riscaldare) ed energia elettrica consumata.

Il C.O.P. è variabile a seconda del tipo di pompa di calore e delle condizioni di funzionamento ed ha, in genere, valori prossimi a 3.

Questo vuol dire che per 1 kWh di energia elettrica consumato, fornirà 3 kWh (2.580 kcal) di calore al mezzo da riscaldare.

Il C.O.P. sarà tanto maggiore quanto più bassa è la temperatura a cui il calore viene ceduto (nel condensatore) e quanto più alta quella della sorgente da cui viene assorbito (nell'evaporatore). Al di sotto di una temperatura compresa tra -2°C e 2°C la pompa di calore si disattiva in quanto le sue prestazioni si ridurrebbero significativamente. Va tenuto conto inoltre che la potenza termica resa dalla pompa di calore dipende dalla temperatura a cui la stessa assorbe calore.

## SORGENTE FREDDA

Il mezzo esterno da cui si estrae calore è detto sorgente fredda. Nella pompa di calore il fluido frigorigeno assorbe calore dalla sorgente fredda tramite l'evaporatore.

Le principali sorgenti fredde sono:

- **L'aria:** esterna al locale dove è installata la pompa di calore oppure estratta dal locale dove è installata la pompa di calore;

- **L'acqua:** di falda, di fiume, di lago quando questa è presente in prossimità dei locali da riscaldare e a ridotta profondità.



Altre sorgenti possono essere costituite da:

- Acqua accumulata in serbatoi e riscaldata dalla radiazione solare
- Terreno, nel quale vengono inserite le tubazioni relative all'evaporatore.

## 5 IL POZZO CALDO

L'aria o l'acqua da riscaldare sono detti pozzo caldo.

Nel condensatore il fluido frigorigeno cede al pozzo caldo sia il calore prelevato dalla sorgente fredda che l'energia fornita dal compressore.

Il calore può essere ceduto all'ambiente attraverso:

- **Ventilconvettori,** costituiti da armadietti nei quali l'aria viene fatta circolare sopra corpi scaldanti;

- **Serpentine** inserite nel pavimento, nelle quali circola acqua calda;

- **Canalizzazioni,** che trasferiscono direttamente il calore prodotto dalla pompa di calore ai diversi locali.

# LE DIVERSE POMPE DI CALORE

Le pompe di calore si distinguono in base alla sorgente fredda e al pozzo caldo che utilizzano.

Possono quindi essere del tipo:

**ARIA-ACQUA**

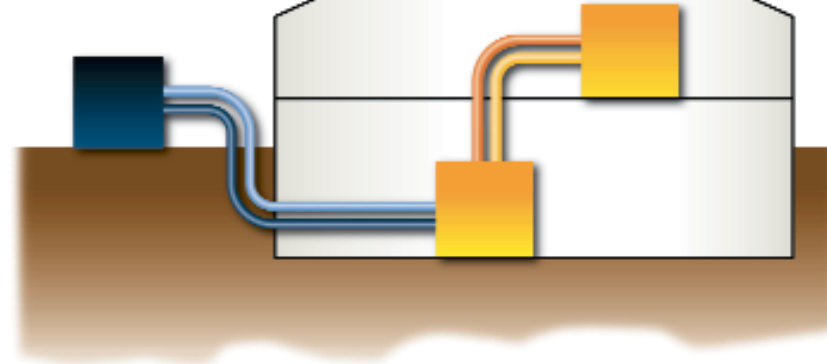
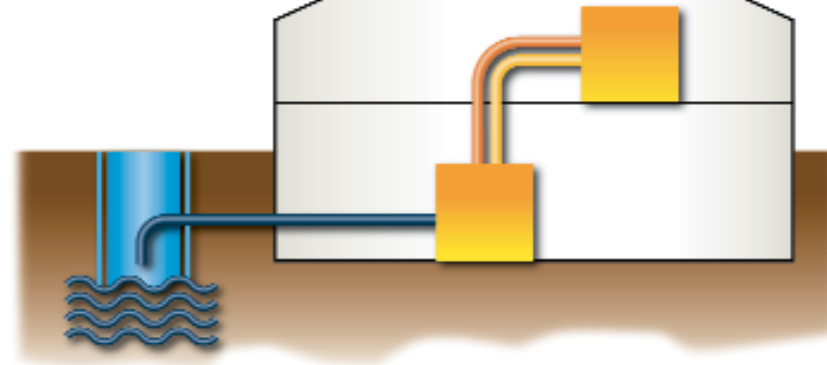
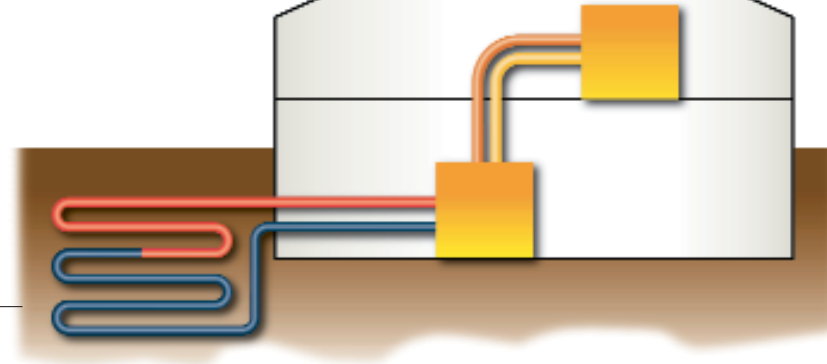
**ACQUA-ACQUA**

**ACQUA-ARIA**

- **L'aria** come sorgente fredda ha il vantaggio di essere disponibile ovunque; tuttavia la potenza resa dalla pompa di calore diminuisce con la temperatura della sorgente.
  Nel caso si utilizzi l'aria esterna, è necessario (intorno a 0°C), un sistema di sbrinamento che comporta un ulteriore consumo di energia.
  Diverso e più vantaggioso, è l'impiego come sorgente fredda dell'aria interna viziata (aria estratta) che deve essere comunque rinnovata.

- **L'acqua** come sorgente fredda garantisce le prestazioni della pompa di calore senza risentire delle condizioni climatiche esterne; tuttavia richiede un costo addizionale dovuto al sistema di adduzione.

- **Il terreno,** come sorgente fredda ha il vantaggio di subire minori sbalzi di temperatura rispetto all'aria.
  Le tubazioni orizzontali vanno interrate ad una profondità minima da 1 a 1,5 metri per non risentire troppo delle variazioni di temperatura dell'aria esterna e mantenere i benefici effetti dell'insolazione. È necessaria una estensione di terreno da 2 a 3 volte superiore alla superficie dei locali da riscaldare. Si tratta quindi di una soluzione costosa, sia per il terreno necessario che per la complessità dell'impianto.

**ARIA-ACQUA**

**ACQUA-ACQUA**

**TERRA-ACQUA**

# 7 APPLICAZIONI DELLA POMPA DI CALORE

Le possibili applicazioni della pompa di calore sono:

**CLIMATIZZAZIONE DEGLI AMBIENTI**

È ormai attuale l’applicazione della pompa di calore per la climatizzazione degli ambienti nel settore residenziale e nel terziario (esercizi commerciali di medie dimensioni; parrucchieri; cucine di ristoranti; studi professionali), in alternativa ai sistemi convenzionali composti da refrigeratore più caldaia. La stessa macchina infatti, mediante una semplice valvola, è in grado di scambiare tra loro le funzioni dell’evaporatore e del condensatore, fornendo così calore in inverno e freddo in estate (tipo Invertibile).

L’applicazione della pompa di calore alla climatizzazione ambientale (riscaldamento + raffrescamento) è la più conveniente poiché comporta un minor tempo di ammortamento del costo d’impianto rispetto ad un utilizzo per il solo riscaldamento.

Nel caso di edifici esistenti, l’applicazione della pompa di calore per il condizionamento degli ambienti, sia invernale che estivo, richiede un intervento di ristrutturazione dell’intero impianto termico ed elettrico, con conseguente maggior costo.

Diverse sono le applicazioni della pompa di calore nei settori terziario e industriale, ad esempio: la climatizzazione delle piscine, l’essiccazione e processi tecnologici a bassa temperatura nell’industria agro-alimentare, ecc.

**RISCALDAMENTO DEGLI AMBIENTI E DELL’ACQUA SANITARIA**

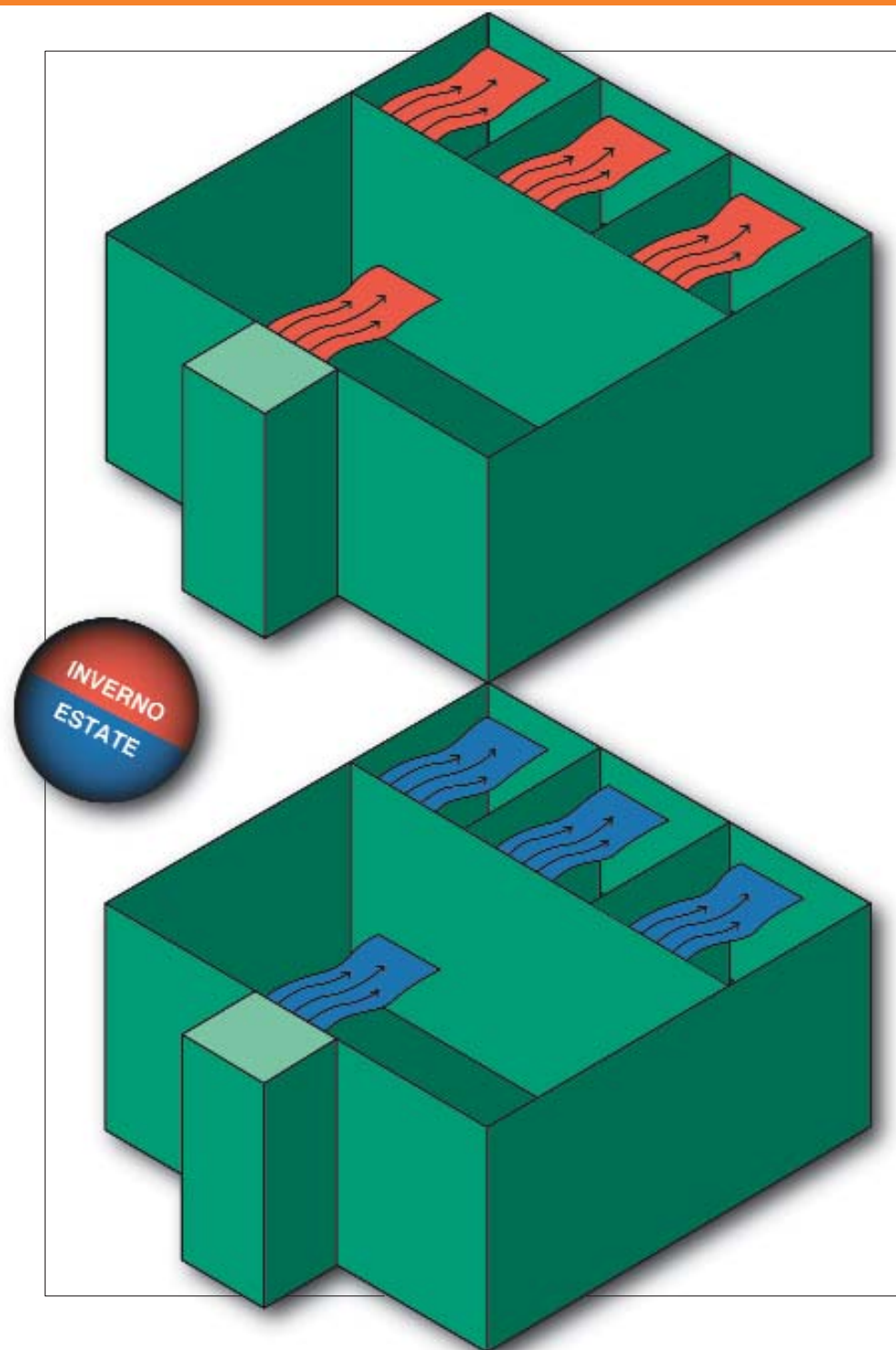
La pompa di calore può essere utilizzata anche per la sola produzione di calore per il riscaldamento degli ambienti e dell’acqua sanitaria. In questi casi vanno attentamente valutati gli aspetti economici rispetto ai sistemi tradizionali quali caldaie e scaldabagni elettrici o a gas.

Per il riscaldamento degli ambienti gli impianti possono essere di tipo:

- **Monovalente**
- **Bivalente**

Si utilizza la configurazione **monovalente** quando la pompa di calore è in grado di coprire interamente il fabbisogno termico necessario al riscaldamento degli ambienti. Se la pompa di calore usa come sorgente l’aria esterna, tale configurazione è adottabile nelle zone climatiche dove la temperatura esterna scende raramente sotto ai 0°C.

In caso contrario si deve realizzare un sistema **bivalente,** costituito dalla pompa di calore e da un sistema di riscaldamento ausiliario, cioè una caldaia tradizionale che copra il fabbisogno termico quando la temperatura dell’aria scende solo al di sotto di 0°C.

Per il riscaldamento dell’acqua sanitaria occorrono serbatoi di accumulo più grandi di quelli impiegati nei normali scaldacqua in quanto la temperatura dell’acqua prodotta non supera i 55°C.

# LE DIVERSE TAGLIE DELLA POMPA DI CALORE

Attualmente, **per la climatizzazione degli ambienti,** sono in commercio diversi tipi di pompa di calore così classificabili:

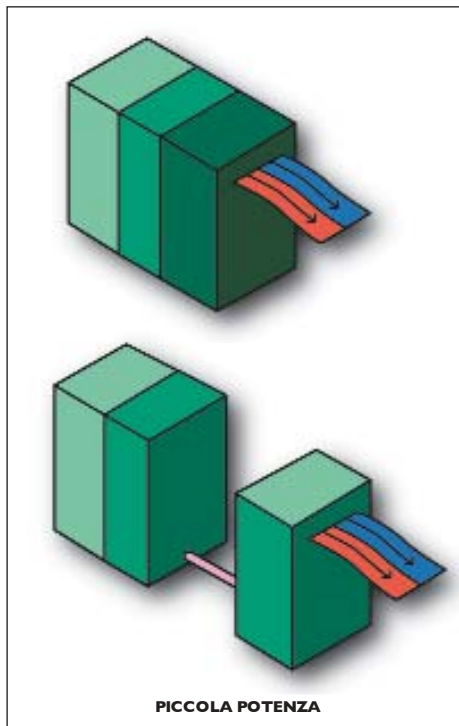
### PICCOLA POTENZA

(fino a circa 2 kW) adatte a monolocali, utilizzabili anche per il riscaldamento dell'acqua sanitaria. Possono essere:

- **Monoblocco.** Tutti i componenti sono raggruppati insieme;
- **Split.** L'impianto è composto da:

*Unità Esterna,* costituita dal compressore e da uno scambiatore di calore che ha la funzione di evaporatore o condensatore.

*Unità Interna,* costituita da un armadietto dal quale viene immessa nell'ambiente aria calda o fresca, a seconda dei casi. Il sistema così composto permette di installare le parti più rumorose dell'impianto in una zona esterna all'ambiente da climatizzare.

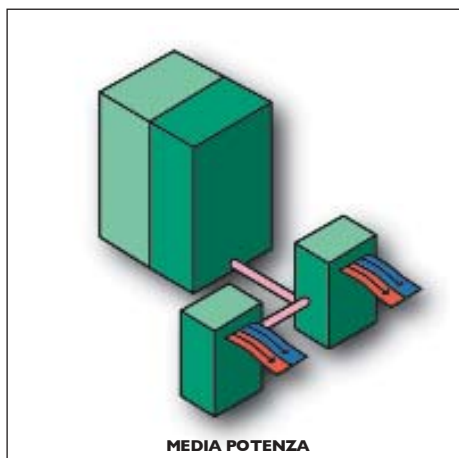
PICCOLA POTENZA

### MEDIA POTENZA

(da 10 a 20 kW) adatte a servire più locali, possono essere:

- **Monoblocco.** Tutti i componenti sono raggruppati insieme;
- **Multisplit.** L'impianto è composto da:

*Unità Esterna,* costituita dal compressore e da uno scambiatore di calore, che ha la funzione di evaporatore o condensatore.

*Unità Interne,* costituite da più armadietti, regolati singolarmente, dai quali viene immessa negli ambienti aria calda o fresca, a seconda dei casi.
Il sistema così composto permette di installare le parti più rumorose dell'impianto in una zona esterna all'ambiente da climatizzare.

MEDIA POTENZA



### GRANDE POTENZA

(oltre 20 kW), per più appartamenti, per uffici e per esercizi commerciali.
Questi impianti, più complessi, vanno progettati da specialisti.

Essi sono composti da:

- **Unità Motocondensanti Esterne:** che producono l'acqua calda e l'acqua refrigerata.
- **Ventilconvettori o Fan-Coils:** mobiletti interni, che immettono negli ambienti aria calda d'inverno o aria fresca d'estate e provvedono a mantenere una temperatura di comfort anche nelle stagioni intermedie.

GRANDE POTENZA

# 9 SCELTA DELLA POMPA DI CALORE

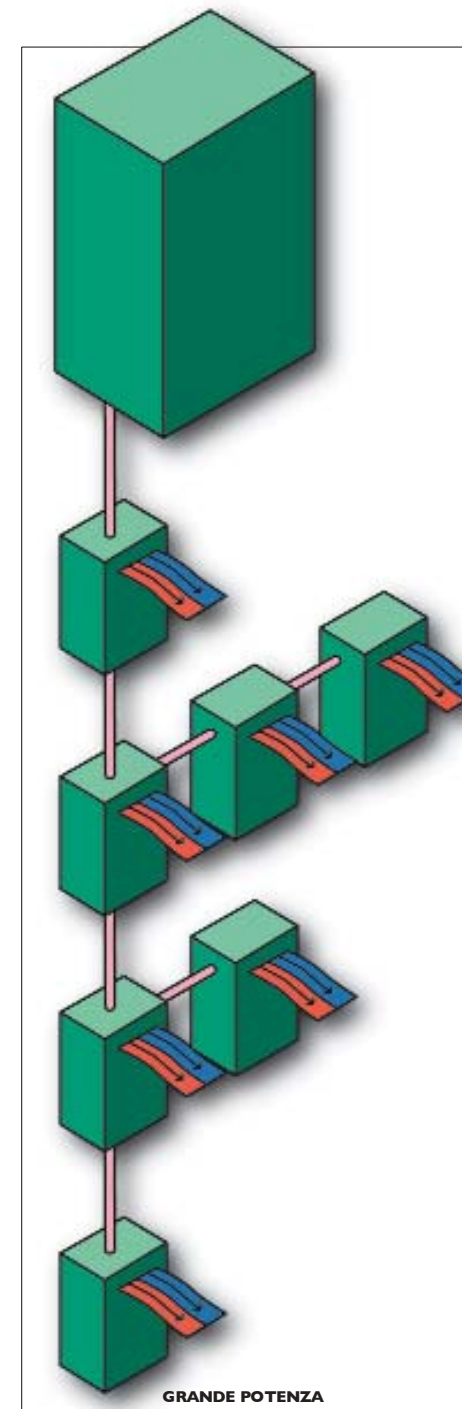
Nella scelta della pompa di calore occorre considerare:

- Le caratteristiche climatiche del luogo dove viene installata;
- Le caratteristiche tipologiche dell'edificio;
- Le condizioni di impiego.

### CARATTERISTICHE CLIMATICHE

Le caratteristiche climatiche hanno importanza soprattutto qualora la sorgente fredda sia l'aria esterna; si può infatti avere, durante il periodo invernale, la formazione di brina sull'evaporatore, con conseguente cattivo scambio termico. Per ovviare a questo inconveniente la pompa di calore è dotata di un dispositivo di sbrinamento (ad esempio una resistenza elettrica).
Tale problema tuttavia non si presenta se si utilizza, come sorgente fredda, aria estratta o acqua.

### CARATTERISTICHE TIPOLOGICHE

Le caratteristiche tipologiche dell'edificio influenzano altresì la scelta del tipo di pompa

di calore ad esempio:

- **In un appartamento** vanno valutati gli spazi necessari per l'installazione e l'opportunità di utilizzare sistemi monoblocco o "split";
- **Nelle case monofamiliari** la pompa di calore può essere installata in cantina o nel locale caldaia. In questo caso, rumore e condensa legati alla pompa di calore, non danno problemi e la vicinanza di una caldaia tradizionale può renderne possibile l'impiego bivalente;
- **Negli esercizi commerciali** quali parrucchieri, cucine di ristoranti, ecc., l'installazione di una pompa di calore ad aria estratta può risultare molto conveniente poiché l'azione di raffreddamento e di deumificazione rende più confortevole l'ambiente di lavoro.

### CONDIZIONI DI IMPIEGO

Anche le condizioni di impiego nei diversi ambienti influenzano la scelta della pompa di calore; ad esempio se l'ambiente è destinato a residenza o ad attività lavorativa sedentaria non rumorosa, è consigliabile la scelta di una pompa di calore del tipo "split".

## 10 DIMENSIONAMENTO

Il dimensionamento dell'impianto a pompa di calore richiede un'accurata valutazione dei fabbisogni di calore: una valutazione in eccesso, con sovradimensionamento della pompa di calore, comporta un incremento dei costi di impianto e quindi una riduzione dei vantaggi economici che derivano dal suo impiego. È bene perciò che il dimensionamento venga valutato da un tecnico qualificato.

### CLIMATIZZAZIONE

Una pompa di calore a ciclo invertibile ha una capacità di raffrescamento di poco inferiore a quella di riscaldamento, pertanto il dimensionamento dell'impianto di climatizzazione va fatto, in generale, sulle esigenze di raffrescamento.

### RISCALDAMENTO DEGLI AMBIENTI

Il fabbisogno di calore dipende dalla localizzazione geografica dell'utenza: particolare attenzione va posta per le pompe di calore che impiegano l'aria quale sorgente esterna, in quanto il calore erogato diminuisce al diminuire della temperatura di questa.

### RISCALDAMENTO DELL'ACQUA SANITARIA

Il fabbisogno medio giornaliero di acqua calda sanitaria a 45°C espresso in litri/giorno è uno dei criteri di scelta dello scaldacqua a pompa di calore.

Tale fabbisogno è riportato nella seguente tabella:

| NUMERO PERSONE | FABBISOGNO MEDIO ACQUA CALDA A 45°C litri/giorno |
|---|---|
| 1 - 2 | 70 - 140 |
| 3 - 5 | 190 - 270 |
| 6 - 8 | 310 - 370 |

*Fonte: ENEL - Elaborazione ENEA.*



## 11 INSTALLAZIONE DELLA POMPA DI CALORE

La pompa di calore è una apparecchiatura che ha raggiunto una buona affidabilità, ma che richiede una corretta installazione ed un minimo di manutenzione per conseguire buone prestazioni nel tempo.

Come per il dimensionamento, anche per l'installazione è comunque opportuno rivolgersi ad installatori specializzati.

Vengono forniti di seguito alcuni consigli pratici, utili all'utente per focalizzare i problemi connessi alla installazione delle apparecchiature:

- Si può ovviare al rumore prodotto dalla pompa di calore installandola in locali non abitualmente occupati da persone, oppure utilizzando il tipo "split".
- È importante prevenire la formazione della condensa utilizzando una adeguata coibentazione delle tubazioni che trasportano fluidi freddi nei tratti interni ai locali.
- Il funzionamento della pompa di calore è regolato da un termostato sensibile alla temperatura ambiente, con cicli di accensione e spegnimento.
  Per diminuire il numero di cicli di funzionamento ed allungare la vita della pompa di calore è talora opportuno installare un serbatoio polmone nell'impianto qualora la macchina non ne sia già provvista.
- È buona norma prevedere, sulle sezioni di ingresso e di uscita delle canalizzazioni dell'aria, l'impiego di griglie al fine di evitare l'entrata di particelle solide o insetti.
- È bene verificare che la temperatura minima di funzionamento della pompa di calore, nella località in cui viene installata, non sia inferiore a quella minima raggiungibile dall'aria esterna. In caso contrario sarà necessario usare una caldaia ad integrazione.
- È opportuno prevedere uno scarico della condensa che si forma sull'evaporatore, ad esempio mediante, un'apposita vasca o un tubo di scarico.
- Infine è necessario prevedere un contratto elettrico con un impegno di potenza tale da garantire il funzionamento della pompa di calore prescelta (superiore ai 3 kW generalmente previsti per le utenze domestiche) e fare effettuare il primo avviamento a tecnici competenti nella installazione.

## 12 MANUTENZIONE

Alcuni interventi di ordinaria manutenzione sono indispensabili per il buon funzionamento della pompa di calore. Possono essere effettuati direttamente dall'utente ad intervalli regolari di tempo:

- **La pulizia dell'evaporatore e del condensatore,**
- **La pulizia dei filtri,**
- **La pulizia del tubo di scarico della condensa,**

come consigliato dai libretti di istruzioni allegati alla pompa di calore.
È viceversa necessario rivolgersi ad un tecnico specializzato o all'assistenza, qualora si riscontri un malfunzionamento della macchina.

# 13 VALUTAZIONI ECONOMICHE

Un parametro indicativo della convenienza economica di una pompa di calore rispetto ad un sistema tradizionale (caldaia più refrigeratore) è il tempo di ritorno attualizzato (TRA), cioè il tempo necessario perché i risparmi attualizzati, derivanti dai costi di gestione, siano pari al sovracosto iniziale della pompa di calore.
In altre parole TRA è uguale al sovracosto dell'investimento diviso il risparmio attualizzato annuo. Per la generalità dei casi, si può sostenere che si ha convenienza economica, se si impiega la pompa di calore per la climatizzazione, mentre tale convenienza si riduce notevolmente nelle applicazioni per sola produzione di acqua calda sanitaria e per solo riscaldamento.
In quest'ultimo caso, le condizioni più vantaggiose si ottengono con l'uso di una sorgente fredda diversa dall'aria (acqua o terreno), in quanto la pompa di calore, con questa sorgente, è in grado di coprire da sola il fabbisogno di calore.
La tabella che segue relativa alla climatizzazione degli ambienti, si riferisce al confronto tra un impianto a pompa di calore e un impianto costituito da caldaia più refrigeratore.

**CLIMATIZZAZIONE DEGLI AMBIENTI**

Le economie conseguibili nella climatizzazione degli ambienti con l'utilizzo della pompa di calore si riferiscono al minor consumo che questa consente, rispetto al sistema convenzionale, (caldaia) nel periodo invernale. I consumi estivi per il raffrescamento ambientale sono uguali sia che venga utilizzata la pompa di calore che il tradizionale condizionatore.
Per il solo riscaldamento ambientale, le numerose configurazioni impiantistiche non consentono una sintesi di validità generale come per gli altri casi; tuttavia si può affermare che, ai costi attuali dei combustibili e dell'energia elettrica, il tempo di ritorno è superiore ad otto anni.
Nel caso di utilizzo della pompa di calore per il solo riscaldamento dell'acqua calda sanitaria i tempi di ritorno dell'investimento sono superiori a 4 anni.

| ZONA | UTENZA* | COSTO SISTEMA** | | RISPARMIO ANNUALE | | TEMPO DI RITORNO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | TRADIZIONALE | CON POMPA DI CALORE | CON POMPA DI CALORE | | ATTUALIZZATO |
| | | | | ENERGIA PRIMARIA | GESTIONE | |
| | | EURO | EURO | % | EURO | ANNI |
| NORD | PICCOLA<br>MEDIO/GRANDE | 8.800,00<br>27.900,00 | 10.300,00<br>30.500,00 | 21<br>21 | 570,00<br>3.100,00 | 3,0<br>0,9 |
| CENTRO | PICCOLA<br>MEDIO/GRANDE | 8.800,00<br>27.900,00 | 10.300,00<br>30.500,00 | 29<br>29 | 620,00<br>3.360,00 | 2,8<br>0,8 |
| SUD | PICCOLA<br>MEDIO/GRANDE | 8.800,00<br>27.900,00 | 10.300,00<br>30.500,00 | 37<br>37 | 516,00<br>3.050,00 | 3,2<br>0,9 |

*I calcoli sono stati fatti con le seguenti condizioni:*
- *pompe di calore aria-acqua;*
- *costo energia elettrica 0,18 Euro/kWh;*
- *costo gas metano 0,57 Euro m³ (prezzo indicativo. Il prezzo del metano è variabile da città a città e non può essere assunto univocamente).*

*Non sono stati evidenziati i costi di impianto, in quanto per essi la differenza tra sistema convenzionale (caldaia+refrigeratore) e sistema a pompa di calore è minima.*
* *Le utenze indicate, piccola e media, considerano, rispettivamente, volumetrie pari a 1.800 e 10.000 m³.*
** *Non sono inclusi i costi di impianto.*

**L'ENEA** pubblica altri opuscoli sulle scelte più convenienti che tutti noi possiamo adottare per risparmiare energia e proteggere l'ambiente.
**P**otete richiedere gratuitamente gli opuscoli che vi interessano a:

**ENEA - Unità RES RELPROM**
**Lungotevere Thaon di Revel, 76 - 000196 Roma**
**Fax 0636272288**

## RICERCA E INNOVAZIONE PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE DEL PAESE

L'ENEA è un ente di diritto pubblico operante nei campi della ricerca e dell'innovazione per lo sviluppo sostenibile, finalizzata a promuovere insieme gli obiettivi di sviluppo, competitività e occupazione e quello della salvaguardia ambientale.
Svolge altresì funzioni di agenzia per le pubbliche amministrazioni mediante la prestazione di servizi avanzati nei settori dell'energia, dell'ambiente e dell'innovazione tecnologica.
In particolare l'Ente:

- svolge, sviluppa, valorizza e promuove la ricerca in tema di energia, ambiente e innovazione tecnologica nel quadro dei programmi di ricerca nazionali, dell'Unione Europea e di altre organizzazioni internazionali;
- sostiene e favorisce i processi di innovazione e di trasferimento tecnologico al sistema produttivo e alle pubbliche amministrazioni;
- fornisce supporto tecnico specialistico ed organizzativo alle amministrazioni, alle regioni e agli enti locali, nell'ambito di accordi di programma con i Ministeri dell'Industria, dell'Ambiente e dell'Università e della Ricerca Scientifica e con altre amministrazioni pubbliche.

L'Ente ha circa **3.600 dipendenti** che operano in Centri di Ricerca distribuiti su tutto il territorio nazionale.
Nelle diverse regioni sono anche presenti **13 Centri di Consulenza Energetica Integrata** per la promozione e la diffusione degli usi efficienti dell'energia nei settori industriale, civile e dei trasporti.

## CENTRI DI CONSULENZA ENERGETICA INTEGRATA (C.C.E.I.)

**VENETO**
C.C.E.I. ENEA
Calle delle Ostreghe, 2434
C.P. 703
30124 VENEZIA
Tel. 0415226887
Fax 0415209100

**LIGURIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Serra, 6
16122 GENOVA
Tel. 010567141
Fax 010567148

**TOSCANA**
C.C.E.I. ENEA
Via Ponte alle Mosse, 61
50144 FIRENZE
Tel. 0553241227
Fax 055350491

**MARCHE**
C.C.E.I. ENEA
V.le della Vittoria, 52
60123 ANCONA
Tel. 07132773
Fax 07133264

**UMBRIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Angeloni, 49
06100 PERUGIA
Tel. 0755000043
Fax 0755006389

**LAZIO**
ENEA Divisione PROM
C.R. Casaccia
Via Anguillarese, 301
00060 ROMA
Tel. 0630483245
Fax 0630483930

**ABRUZZO**
C.C.E.I. ENEA
Via N. Fabrizi, 215/15
65122 PESCARA
Tel. 0854216332
Fax 0854216362

**MOLISE**
C.C.E.I. ENEA
Via Mazzini, 84
86100 CAMPOBASSO
Tel. 0874481072
Fax 087464607

**CAMPANIA**
C.C.E.I. ENEA
Via della Costituzione
Isola A/3
80143 NAPOLI
Tel. 081691111
Fax 0815625232

**PUGLIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Roberto da Bari, 119
70122 BARI
Tel. 0805248213
Fax 0805213898

**BASILICATA**
C.C.E.I. ENEA
C/o SEREA
Via D. Di Giura, s.n.c.
85100 POTENZA
Tel. 097146088
Fax 097146090

**CALABRIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Argine Destra
Annunziata, 87
89100 REGGIO CALABRIA
Tel. 096545028
Fax 096545104

**SICILIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Catania, 2
90143 PALERMO
Tel. 0917824120
Fax 091300703

ENEA

# RISPARMIO ENERGETICO CON L'ILLUMINAZIONE

Click. è la prima cosa che si fa rientrando a casa: si accende la luce. L'illuminazione è quella cosa che fa la differenza tra una casa qualunque e la propria casa. Realizzata ad immagine e somiglianza di chi ci vive, la luce accesa anima la casa e la rende viva.
Che magnifica idea, la lampadina!

**I CONSIGLI DELL'ENEA: COME RISPARMIARE E VIVERE MEGLIO**

L'ENEA da alcuni anni realizza campagne informative sul risparmio energetico diffondendo opuscoli divulgativi sull'uso razionale dell'energia nelle abitazioni. Questo volumetto vuole fornire utili notizie per ottenere **sensibili risparmi nei consumi e quindi nelle spese per l'illuminazione** delle nostre case.
Gli intenti e la "filosofia" dell'ENEA sono sempre gli stessi: per far "funzionare meglio" la casa e in questo caso particolare l'impianto d'illuminazione non c'è bisogno di fare sacrifici o rinunce. Basta prendere l'abitudine ad usare -e ancor prima a scegliere- con intelligenza gli strumenti che la tecnica ci mette a disposizione, in modo da **consumare meno energia e risparmiare denaro.**

**RISPARMIO ENERGETICO: INTERESSE COMUNE**

Le possibilità di risparmiare energia, anche in casa, sono tante e spesso sono sotto gli occhi di tutti.
È sufficiente imparare a fare un po' più d'attenzione utilizzando anche questo opuscolo dell'ENEA.
Ridurre i consumi irrazionali sin da oggi significa pensare al futuro.
Possiamo farlo in molti modi, ogni giorno, con un pizzico di intelligenza.
Dobbiamo pensare al risparmio energetico come una vera risorsa da utilizzare e come elemento indispensabile per ridurre l'impatto ambientale.
**L'uso più razionale delle risorse energetiche genera un duplice risultato positivo: va nell'interesse degli utenti (che pagheranno una bolletta meno cara) e va nell'interesse della comunità (si riduce il consumo dei combustibili, si rende l'Italia più indipendente sotto il profilo energetico), si inquina di meno.**
Infine vogliamo ricordare che è stato stimato che in Italia il risparmio annuo conseguibile nell'illuminazione d'interni (comprendendo sia gli usi domestici sia tutti gli altri usi) potrebbe essere di circa 5 miliardi di kilowattora.
Questa cifra corrisponde al 20% dei consumi di energia per usi d'illuminazione ed equivale a più di 1 milione di TEP (tonnellate equivalenti petrolio).

**E adesso accendiamo i...riflettori... sull'illuminazione.**



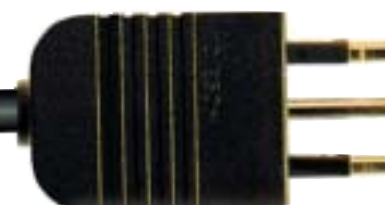
# L'ILLUMINAZIONE

È la prima e la più diffusa delle applicazioni elettriche introdotte nella casa: dal lontano 1880, anno in cui fu illuminata artificialmente la prima abitazione privata, la lampadina ne ha fatta di strada, illuminando le nostre notti e anche le nostre giornate, cambiando il volto delle nostre città, modificando radicalmente abitudini e bisogni (per noi è difficile rendersene conto, ma il mondo dei nostri avi era un mondo piuttosto buio).

Il settore dell'illuminazione domestica ha una sua importanza energetica, anche se non è il settore che più incide sui consumi di elettricità: in Italia, la quota annua di energia elettrica destinata a tale uso è, complessivamente, superiore ai 7 miliardi di kilowattora, corrispondenti a circa il 13,5% del consumo totale di energia elettrica nel settore residenziale.
Ricordiamo che il kilowattora *(kWh)* è l'unità di misura dell'energia elettrica ed è il prodotto di una potenza *(kW)* per un tempo in ore *(h)*.

Vogliamo entrare ancor più nel dettaglio e parlare dei consumi per l'illuminazione di una "famiglia tipo" di 4 persone.
Possiamo ipotizzare per una famiglia tipo un consumo medio per bimestre di 65-70 kilowattora. Questo rappresenta l'8-10% delle spese totali di energia elettrica, quelle spese che, puntualmente ed inevitabilmente, ci vengono recapitate ogni due mesi attraverso la famosa e poco amata "bolletta della luce".

È importante quindi utilizzare nel modo migliore l'energia elettrica usata per questa applicazione e contenere le relative spese, senza però rinunciare in nessun modo ai comfort e al benessere al quale siamo abituati.

**Il nostro obiettivo è quindi una migliore illuminazione con un minore consumo di energia. Vediamo come.**

# L'ACQUISTO

### FACCIAMO LUCE, MA QUALE?

Esistono diversi tipi di lampade ma esistono anche diverse necessità di illuminazione e diverse possibilità di impiego.
Prima di scegliere quale lampada acquistare, bisogna pensare bene:

- **qual è l'ambiente da illuminare**
- **quali attività vi si svolgono**
- **per quante ore, in media, la lampada rimarrà accesa.**

**Illuminare significa consumare energia e quindi spendere: a seconda di quale lampada si sceglie cambiano notevolmente, oltre la qualità e la quantità di luce ottenuta, anche i consumi.**

### I DIVERSI TIPI DI LAMPADE

Tutte le lampade attualmente in commercio possono essere suddivise, in base alle modalità con cui viene generata la luce, in due grandi categorie:

- **ad incandescenza**
- **a scarica elettrica in gas**

### LE LAMPADE AD INCANDESCENZA

*Le comuni lampadine, le più diffuse nelle nostre case, sono costituite da un bulbo in vetro dal quale è stata tolta l'aria e successivamente riempito con un gas inerte; al suo interno, un filamento di tungsteno attraversato dalla corrente elettrica diventa incandescente, emettendo una certa quantità di luce.*

L'unità di misura della luce emessa da una lampada è il lumen.
Una lampadina a incandescenza da 150 watt emette circa 2.000 lumen, e cioè 2.000:150=13 lumen per ogni watt assorbito.
**Questo valore LUMEN/WATT esprime in pratica l'efficienza luminosa di una lampada ed è molto importante ai fini della scelta della sorgente luminosa più adatta a risparmiare energia.**
Ne parleremo spesso.
In particolare, le lampade ad incandescenza - rispetto agli altri tipi di sorgenti luminose adatte all'illuminazione d'interni - sono caratterizzate da un'**efficienza luminosa modesta.**
Ciò perché l'energia elettrica è trasformata in gran parte in calore e solo in minima parte in luce. **Appartengono alla famiglia delle lampade ad incandescenza le lampade alogene, negli ultimi anni in rapida diffusione, il cui successo è legato ad una maggiore durata e a una tonalità di luce più bianca.**

### LE LAMPADE A SCARICA IN GAS

*Queste lampade sfruttano il principio per cui se tra due elettrodi immersi in un gas o in vapori metallici viene applicata una differenza di potenziale opportuna, tra i due elettrodi si genera una scarica a cui è associata l'emissione di radiazioni visibili.*

Queste lampade hanno un'**efficienza luminosa di gran lunga superiore (da 4 a 10 volte) rispetto a quella delle lampade ad incandescenza,** in quanto è più elevata la quota di energia assorbita trasformata in luce. Le lampade a scarica non possono, però, essere collegate direttamente alla rete di alimentazione, come avviene invece per quella ad incandescenza.



Esse richiedono l'impiego di un'apparecchiatura di alimentazione (reattore) che ha il compito di limitare al giusto valore la corrente di scarica e, in generale, di un accessorio per facilitare l'innesco della scarica (starter o accenditore).
**In particolare, tra le altre, appartengono alla famiglia delle sorgenti luminose a scarica le lampade tubolari fluorescenti tradizionali (dette familiarmente, ma erroneamente "al neon") e quelle "compatte".**

# LE LAMPADE AD INCANDESCENZA

### LAMPADE "NORMALI"

Sono le più diffuse nell'ambito dell'illuminazione domestica e possono essere di varia forma: a goccia, a pera, sferica, tubolare, ad oliva, a tortiglione, ecc.
Sono costituite da tre parti essenziali: l'ampolla (o bulbo) esterna, l'attacco e il filamento.

**L'ampolla esterna,** in vetro, può essere realizzata in diverse finiture: chiara, smerigliata, rivestita internamente con speciali sostanze a base di silicati (e in questo caso si dice opalizzata), colorata, mezzo argentata, ecc.

**L'attacco o virola**, è costituito da una ghiera di metallo (ottone o rame) fissata all'ampolla per mezzo di mastici speciali. La forma e le dimensioni variano secondo l'impiego della lampada. Il tipo più comune, previsto per i normali impieghi d'illuminazione, è quello a vite tipo "Edison".

LAMPADA
AD INCANDESCENZA
"NORMALE"

**Il filamento di tungsteno** è l'elemento più importante della lampada: da esso dipendono, in particolare, la qualità e la quantità della luce e la luce della lampada stessa.

Le lampade ad incandescenza "normali" sono disponibili, in particolare, nelle potenze 25-40-75-100-150-200 watt e sono caratterizzate, come abbiamo detto nel presentarle, da un'efficienza piuttosto modesta (circa 12 lumen/watt) e da una durata di vita media*, pari a circa 1.000 ore.

**Con l'invecchiamento** le lampade emettono sempre meno luce (pur consumando sempre la stessa quantità di energia) e quindi è bene che, superata la vita media, vengano sostituite.
Queste lampade forniscono istantaneamente il flusso luminoso e, se spente, si riaccendono immediatamente. Il flusso luminoso da esse emesso può essere graduato con appositi "variatori". Le lampade ad incandescenza, grazie alle loro dimensioni molto contenute e alla forma raccolta si adattano ad essere montate in apparecchi d'illuminazione molto variati e di linea estetica particolarmente curata.
Emettono luce di tonalità "calda" e l'indice di resa cromatica (capacità di distinguere agevolmente i colori) ha il valore massimo: 100.

*La vita media economica individua il numero di ore di funzionamento dopo il quale, in un determinato lotto di lampade, considerando 8 accensioni/spegnimenti durante le 24 ore, il 70% delle lampade presenta un decadimento del flusso luminoso o cessa di funzionare.

LAMPADA
A RIFLETTORE INCORPORATO

LAMPADA
ALOGENA

Ciò contribuisce al “comfort” visivo tipico di queste lampade.
Un altro vantaggio delle comuni lampade ad incandescenza è il loro costo iniziale: sono infatti **le più economiche al momento dell’acquisto.** Sono, però, (e su questo punto importante ritorneremo) **le più costose per quello che riguarda i consumi.**

### LAMPADE A RIFLETTORE INCORPORATO

*In queste lampade una parte dell’ampolla è internamente ricoperta da uno strato di speciali sostanze che riflettono la luce emessa dal filamento incandescente.*

Sono dunque lampade che uniscono la funzione di emettere luce a quella di orientare la stessa nella direzione voluta: quest’ultima funzione è normalmente affidata, nel caso delle lampade tradizionali, agli apparecchi d’illuminazione.Si suddividono in due grandi famiglie: **fabbricate in vetro soffiato e fabbricate in vetro pressato.** La durata di vita media delle lampade in vetro soffiato è di 1.500 ore, quella delle lampade in vetro pressato è di 2.000 ore.

### LAMPADE AD INCANDESCENZA “ALOGENE”

*Sono lampade ad incandescenza all’interno delle quali viene introdotta una miscela di alogeni (essenzialmente bromo), che crea un processo di rigenerazione del filamento: quando il filamento raggiunge una determinata temperatura (circa 3.000 gradi Kelvin), gli atomi di tungsteno che evaporano dal filamento, dopo essersi combinati chimicamente con gli alogeni, si ridepositano sul filamento per ricominciare un altro ciclo. In una lampada normale tali atomi si depositano invece sul vetro del bulbo e lo anneriscono.*

Questa caratteristica costituisce soltanto uno dei vantaggi che le lampade alogene presentano rispetto a quelle ad incandescenza normali.

Ricordiamo gli altri:

- la loro **efficienza luminosa (circa 22 lumen/watt) è superiore:**
- emettono luce a temperature di colore superiore (cioè 3.000 K anziché 2.700 K), quindi più gradevole perché più “bianca” e sempre con una eccellente resa dei colori;
- durano il doppio (la durata media è di circa 2.000 ore).

Inoltre le lampade alogene hanno dimensioni molto ridotte e ciò costituisce in generale una caratteristica positiva ai fini soprattutto della riduzione dell’ingombro del complesso lampada più riflettore o proiettore. Sono disponibili in una notevole varietà di forme e di potenze. Le lampade alogene sono anche particolarmente adatte a essere impiegate in apparecchi che consentono di orientare con molta precisione il fascio luminoso nel punto desiderato. Qualora invece vengano utilizzate per l’illuminazione indiretta, è necessario impiegare potenze più elevate rispetto a quelle che si avrebbero con l’utilizzo di lampade a incandescenza o fluorescenza (200 o 300 watt), per cui il consumo di energia è, conseguentemente, superiore. Nel caso di potenza non molto elevata (100 watt o meno) e per una illuminazione diretta, le lampade alogene offrono anche il vantaggio di un **minore consumo** rispetto a quelle ad incandescenza normali. Naturalmente l’illuminazione indiretta comporta sempre una minore efficacia del sistema di illuminazione. Ricordiamo anche che l’adozione di semplici ed economici regolatori rende possibile la variazione del flusso luminoso emesso. Ciò permette di ridurre ulteriormente i consumi. Nelle potenze 60-100-150 watt sono disponibili in versioni con due attacchi e con l’attacco (a vite tipo Edison).
Ai fini del contenimento dei consumi energetici è bene limitare l’uso delle lampade alogene di elevata potenza per la sola illuminazione di oggetti particolari che richiedono alta resa cromatica.

### PER CHI VUOLE SAPERNE DI PIU’

**La “qualità” della luce dipende essenzialmente dalla sua tonalità e dall’indice di resa cromatica.**
**La tonalità di luce emessa da una lampada è caratterizzata dalla “temperatura di colore”, espressa in gradi Kelvin (K).**

Vengono definite:

- a tonalità “calda” le lampade la cui luce abbia temperatura di colore compresa tra 2.000 e 3.000 K;
- a tonalità “bianca” le lampade la cui luce abbia temperatura di colore compresa tra 3.000 e 5.000 K;
- a tonalità “fredda” le sorgenti luminose la cui luce abbia temperatura di colore superiore a 5.000 K.

Nei locali illuminati con lampade a luce “fredda” si devono prevedere valori d’illuminazione superiori a quelli che sarebbero sufficienti nel caso d’impiego di sorgenti a luce “bianca” o “calda”. In caso contrario l’illuminazione potrebbe infatti conferire all’ambiente un aspetto poco accogliente.

**L’indice di resa cromatica (Ra)** definisce in che misura la luce emessa da una sorgente luminosa consente di apprezzare le sfumature di colore degli oggetti illuminati. Al riguardo le lampade vengono classificate con un indice numerico compreso tra 0 e 100: quanto più tale indice si avvicina a 100 tanto più la sorgente luminosa consente l’apprezzamento delle sfumature di colore.

LAMPADA
ALOGENA

# LE LAMPADE A SCARICA IN GAS

Alla famiglia delle lampade a scarica in gas appartengono le **lampade fluorescenti.**
*Esse sono costituite da un contenitore di vetro, con elettrodi sigillati all'estremità, all'interno del quale si trovano vapore di mercurio e un gas con particolari sostanze fluorescenti che trasformano le radiazioni ultraviolette invisibili, prodotte all'interno del tubo stesso quando si innesca la scarica nel vapore di mercurio, in radiazioni luminose visibili.*

Possiamo suddividere le lampade fluorescenti in:

- lampade fluorescenti tubolari;
- lampade fluorescenti tubolari ad alta frequenza;
- lampade fluorescenti compatte;
- lampade fluorescenti compatte integrate elettroniche.

## LAMPADE TUBOLARI FLUORESCENTI TRADIZIONALI

La "qualità" della luce emessa da queste lampade **varia in base al tipo di sostanza fluorescente utilizzata.** Infatti proprio sulla selezione e composizione delle sostanze fluorescenti usate si basa la vasta gamma di tonalità di luce con cui vengono oggi prodotte le lampade tubolari fluorescenti.
Le polveri fluorescenti di qualità inferiore e di minor costo danno origine a tonalità di luce che "falsano" i colori e li rendono sgradevoli. Le lampade che hanno questa resa cromatica così poco soddisfacente vengono denominate "a luce standard".
È evidente che queste lampade non sono adatte per l'illuminazione domestica o di uffici, negozi ecc.., ma possono trovare impiego in alcune applicazioni industriali. Negli ultimi anni, invece, proprio per gli usi domestici e commerciali sono state messe a punto speciali miscele di polveri di alta qualità che consentono di ottenere tonalità di luce simile a quella delle lampade ad incandescenza mantenendo tutti i vantaggi e le caratteristiche del comfort visivo di quest'ultime.
Scegliendo adeguatamente la colorazione della lampada fluorescente, si potrà ottenere un'illuminazione del tutto simile a quella delle lampade ad incandescenza.
Le varie tonalità, le diverse forme delle "nuove" lampade, possono quindi soddisfare le esigenze più disparate.
**Dal punto di vista dell'efficienza (il rendimento è di circa 90 lumen/watt) e dei consumi, le lampade fluorescenti tubolari sono molto vantaggiose: a parità di luce emessa consumano la quinta parte di una lampada ad incandescenza. La durata di vita media è di circa 10.000 ore. (v. tab. 1): molto superiore a quella delle lampade ad incandescenza.**
In queste lampade tubolari, come suggerisce il nome stesso, il contenitore di vetro ha la forma di un tubo.
Attualmente i tipi più diffusi hanno un diametro di 26 millimetri. Le potenze più comuni sono 36 e 58 watt. Sono disponibili nelle tonalità di luce calda, bianca, fredda o diurna.
Per l'alimentazione di queste lampade è necessario utilizzare un reattore per limitare il valore della corrente ed uno starter per facilitare l'innesco della scarica.

## LAMPADE TUBOLARI FLUORESCENTI AD ALTA FREQUENZA

Sono ora disponibili sul mercato lampade tubolari fluorescenti espressamente realizzate per funzionare con alimentazione a mezzo di reattori elettronici ad alta frequenza: sono denominate appunto lampade ad alta frequenza. Esse sono caratterizzate da una durata di vita di circa 12.000 ore, notevolmente superiore rispetto a quella delle lampade di tipo tradizionale.



Anche la loro efficienza luminosa, circa 100 lumen/watt, è notevolmente superiore.

**Il sistema costituito da lampade ad alta frequenza e reattori elettronici consente un risparmio globale di energia di circa il 25% rispetto a lampade e reattori convenzionali.**

Altri vantaggi dell'adozione del "sistema" sono:

- accensione istantanea senza starter
- assenza di sfarfallamento
- assenza di annerimento alle estremità

possibilità di un'ottima regolazione del flusso luminoso (dal 10% al 100%) adottando reattori elettronici in una speciale versione (detta "dimming").
**La regolazione del flusso può essere automatica attraverso fotocellule, o manuale attraverso un potenziometro.** In particolare la **regolazione automatica** consente di mantenere nei locali un livello d'illuminamento prestabilito anche al variare della luce diurna e al progredire dell'invecchiamento delle lampade.

LAMPADA FLUORESCENTE CIRCOLARE

## LAMPADE FLUORESCENTI COMPATTE E LAMPADE FLUORESCENTI COMPATTE INTEGRATE ELETTRONICHE

Sono state introdotte all'inizio degli anni '80 allo scopo di mettere **a disposizione degli utenti sorgenti luminose che, pur avendo dimensioni e tonalità di luce simili a quelle delle lampade ad incandescenza, fossero caratterizzate da un'efficienza luminosa e da una durata di vita notevolmente superiori.**
Per quanto riguarda i principi di funzionamento sono comparabili alle lampade tubolari fluorescenti di cui costituiscono la **miniaturizzazione.**
Le lampade fluorescenti compatte hanno un'efficienza luminosa che varia da 40 a 60 lumen/watt a seconda del tipo e quindi **consentono di ridurre fortemente i consumi d'energia elettrica (circa il 70%) che si avrebbero impiegando comuni lampade ad incandescenza di equivalente flusso luminoso:** ad esempio, una di queste lampade da 20 watt fornisce la stessa quantità di lu-

LAMPADA FLUORESCENTE TUBOLARE

LAMPADA FLUORESCENTE COMPATTA A GLOBO

LAMPADA FLUORESCENTE COMPATTA

LAMPADA FLUORESCENTE 3 TUBI

ce di una lampada ad incandescenza da 100 watt.
Inoltre le lampade fluorescenti compatte hanno una durata di 10.000 ore, 10 volte superiori a quella delle lampade ad incandescenza. Vogliamo comunque ricordare che per la durata delle lampade compatte è importante il numero di accensioni. Accensioni e spegnimenti molto frequenti, superiori alle 10 volte nelle 24 ore, possono in effetti ridurne sensibilmente la durata.
Di queste lampade esistono versioni con attacco a vite E 27 ed E 14 (comunemente conosciute come "attacco Edison" ed "attacco mignon") nel quale è incorporato anche il reattore elettronico: pertanto tali lampade possono essere sostituite direttamente (nel caso di rete a 220 volt) alle lampade ad incandescenza di cui conservano la leggerezza, le ridotte dimensioni e la semplicità di attacco.
**L'accensione elettronica è molto adatta per gli impieghi che richiedono una accensione istantanea e ripetuta,** riducendo anche il fastidioso inconveniente dei tempi d'attesa per l'accensione.

La gamma delle potenze disponibili è molto vasta:
4-5-7-9-11-13-15-18-20-23-25 watt.

Queste lampade sono particolarmente **indicate laddove vi è la necessità di un uso prolungato e senza accensioni troppo frequenti,** sia per ambienti interni (cucina, o altri spazi di lavoro, negozi, centri commerciali, ecc.) sia per ambienti esterni (giardini, portoni d'ingresso, ecc.).
Le lampade fluorescenti compatte costano di più rispetto alle lampade ad incandescenza: in media sulle 15,00 Euro, contro circa 1,00 Euro, ma permettono un sostanziale risparmio nei consumi. Tuttavia è probabile che, aumentando la diffusione di queste lampade, i prezzi possano scendere.

### LAMPADE AL SODIO

In ultimo vogliamo fare un brevissimo accenno alle lampade al sodio (che appartengono sempre alla famiglia delle lampade a scarica). In queste lampade la scarica fra i due elettrodi avviene in una atmosfera di sodio le cui tipiche radiazioni sono di colore giallo. Esse trovano normale impiego nell'illuminazione stradale ma, nelle potenze più piccole, possono prestarsi convenientemente all'illuminazione di terrazze, giardini, viali d'accesso ecc.., quando si vogliano ridurre i consumi (l'efficienza delle lampade al sodio è molto alta, circa 10 volte superiore a quelle delle lampade ad incandescenza) e non abbia importanza la resa cromatica dei colori (le lampade al sodio emettono luce monocromatica gialla).



# I CONSUMI

### CHI PIU' SPENDE, MENO SPENDE

Da tutto quello che abbiamo detto è possibile constatare che **ad un maggior costo iniziale per un determinato tipo di lampada, corrisponde un minor costo di gestione, dovuto a minori consumi e a una vita più lunga.**

Pertanto dobbiamo parlare, più che di consumi, di efficienza, **cioè di quanta luce fornisce una lampada per ogni watt** assorbito.

Con l'aiuto della tabella 1, possiamo vedere come, posto uguale a 1 l'indice di efficienza per la lampada ad incandescenza, variano notevolmente l'efficienza e la vita dei diversi tipi di lampade.

Una lampada fluorescente ha un'efficienza maggiore rispetto ad una ad incandescenza.
Ma non è tutto. Possiamo anche notare come **cambia la spesa annua per l'illuminazione a seconda delle lampade che si utilizzano.** Nella tabella 2 vengono paragonate, a titolo di esempio, tre diverse soluzioni per illuminare un ambiente (soggiorno di 20 m$^2$). Viene preso in considerazione un periodo di cinque anni. Il costo del kilowattora viene calcolato in 0,18 Euro. Il risparmio ottenibile con alcuni tipi di lampade è evidenziato nell'ultima colonna.

**TABELLA 1**

**CARATTERISTICHE DELLE LAMPADE PER USO RESIDENZIALE**

| TIPO DI LAMPADE | INDICE DI EFFICIENZA* | DURATA MEDIA (ORE) | RESA CROMATICA (INDICE) | TONALITÀ (K°) |
|---|---|---|---|---|
| **AD INCANDESCENZA** | 1 | 1.000 | 100 | 2.000/3.000 |
| **AD ALOGENI:** | | | | |
| • con attacco a vite | 1,8 | 2.000 | 100 | 3.000 |
| • a doppio attacco | 1,8 | 2.000 | 100 | 3.000 |
| • a bassissima tensione (**) | 1,8 | 2.000 | 100 | 3.000 |
| **FLUORESCENTI COMPATTE:** | | | | |
| • elettroniche integrate | 6 | 10.000 | 85 | 2.700/5.000 |
| • convenzionali | 5 (***) | 10.000 | 85 | 2.700/5.000 |
| **FLUORESCENTI TUBOLARI:** | | | | a seconda dei tipi |
| • a luce standard | 7 | 10.000 | 65 | |
| • a luce "extra" | 8 | 10.000 | 85/95 | 2.700/6.500 |
| • ad alta frequenza | 10 | 12.000 | 85 | 3.000/4.000 |

*(*) Indice di efficienza 1=12 lumen/watt.*
*(**) Richiede un trasformatore.*
*(***) Talvolta l'alimentazione può essere separata: in tal caso, alla potenza della lampada viene aggiunta quella dell'alimentatore.*
*I dati riportati sono per lampade con alimentazione incorporata.*

TABELLA 2

| ESEMPIO DI UTILIZZO: 2000 ORE/ANNO PER UN PERIODO DI 5 ANNI (*) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| TIPO E NUMERO DI LAMPADE (**) | COSTO LAMPADE (***) EURO | COSTO ENERGIA ELETTRICA EURO | COSTO TOTALE EURO | RISPARMIO TOTALE (****) EURO |
| **INCANDESCENZA** 3x100 W | 30,00 | 540,00 | 570,00 | - |
| **ALOGENE** 2x100 W | 50,00 | 360,00 | 410,00 | 160,00 |
| **FLUORESCENTI COMPATTE TRADIZIONALI** 3x25 W | 30,00 | 135,00 | 165,00 | 405,00 |
| **FLUORESCENTI COMPATTE ELETTRONICHE** 3x20 W | 54,00 | 108,00 | 162,00 | 408,00 |

*(*) Illuminazione ambiente pari a 150 lux.*
*(**) Durata lampade ad incandescenza: 1.000 ore; alogene: 2.000 ore; fluorescenti compatte: 10.000 ore.*
*(***) Costo lampade ad incandescenza: 1,00 Euro; alogene: 5,00 Euro; fluorescenti compatte tradizionali: 10,00 Euro; fluorescenti compatte elettroniche: 18,00 Euro.*
*(****) Risparmio rispetto alla soluzione con lampade ad incandescenza.*

TABELLA 3

| AUMENTO DEL RISPARMIO ANNUO CON L'AUMENTO DELLE ORE DI UTILIZZO SOSTITUENDO 3 LAMPADE AD INCANDESCENZA DA 100 W CON 3 LAMPADE FLUORESCENTI COMPATTE ELETTRONICHE DA 20 W | | |
|---|---|---|
| ORE DI UTILIZZO ALL'ANNO | RISPARMIO ANNUO DI ENERGIA ELETTRICA EURO | TEMPO DI RECUPERO DELL'INVESTIMENTO (*) ANNI |
| 500 | 22,00 | 2,4 |
| 1.000 | 43,00 | 1,2 |
| 1.500 | 65,00 | 0,8 |
| 2.000 | 87,00 | 0,6 |

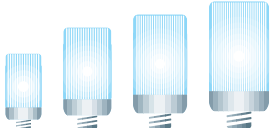
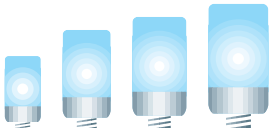
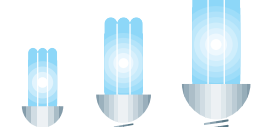
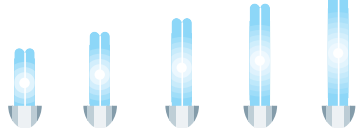
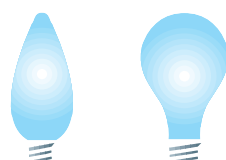
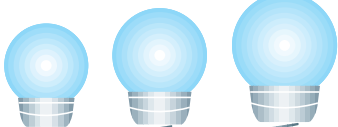
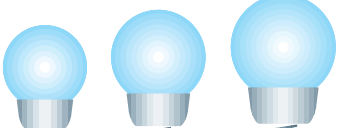
*(*) Differenza di costo delle lampade / risparmio annuo di energia elettrica.*

Come si nota dalla tabella, a un costo iniziale modesto per l'acquisto della lampadina, può corrispondere una spesa elevata per il suo utilizzo. Gli elementi da considerare per calcolare i costi reali dell'illuminazione sono, infatti, l'efficienza, i consumi e la durata della vita delle lampadine.
Per avere l'illuminazione desiderata, potremo scegliere tra 3 lampade ad incandescenza da 100 W, oppure 2 fluorescenti compatte da 25 W o, infine, 3 fluorescenti compatte elettroniche da 20 W.

Se consideriamo il caso di lampade accese per 2.000 ore all'anno (in media, poco meno di 6 ore al giorno) in 5 anni dovremo acquistare, nel primo caso ben 30 lampadine ad incandescenza (durano solo 1.000 ore l'una) e spendere quindi 30,00 Euro; nel secondo 10 lampade alogene (durano 2.000 ore) con un costo di 50,00 Euro, mentre nel terzo e nel quarto le 3 fluorescenti compatte comprate all'inizio ci dureranno per tutti i 5 anni (durata di ognuna: 10.000 ore) con una spesa da 30,00 a 54,00 Euro a secondo del tipo scelto (tradizionale o elettronica).

Quindi, scegliendo le lampade alogene, si ottiene un risparmio di circa 160,00 Euro rispetto alle comuni lampade ad incandescenza. Con le lampade fluorescenti, il risparmio che si può ottenere sale fino a circa 408,00 Euro.
In ogni caso, sostituire le lampade ad incandescenza risulta vantaggioso: l'investimento dovuto all'acquisto delle nuove lampade si recupera in tempi brevi.
Facciamo attenzione però che la convenienza diminuisce se diminuiscono le ore di utilizzo: iniziamo quindi a sostituire le lampade che rimangono accese più a lungo (vedi tabella 3).

Anche a **livello condominiale** si può risparmiare energia elettrica. Scale, cantine, garage sono locali dove la luce rimane accesa per lungo tempo: **conviene utilizzare lampade fluorescenti** e installare un interruttore a tempo, regolato secondo le esigenze degli inquilini, che spegne la luce dopo un certo periodo. Il costo è molto contenuto ed il risparmio che ne deriva molto elevato.

Per meglio orientarsi al momento dell'acquisto la tabella 4 riporta, a titolo di esempio, l'equivalenza tra le più comuni lampade fluorescenti compatte e le corrispondenti lampade ad incandescenza.

LAMPADA FLUORESCENTE COMPATTA

LAMPADA FLUORESCENTE COMPATTA

TABELLA 4

**EQUIVALENZA TRA LAMPADE FLUORESCENTI COMPATTE E LAMPADE AD INCANDESCENZA**

| FLUORESCENTI COMPATTE CON ATTACCO E 14 ED E 27 | | INCANDESCENZA | |
|---|---|---|---|
| CONVENZIONALE OPALINA | 9W<br>13W<br>18W<br>25W | 40W<br>60W<br>75W<br>100W | |
| CONVENZIONALE PRISMATICA | 9W<br>13W<br>18W<br>25W | 40W<br>60W<br>75W<br>100W | |
| ELETTRONICA 6 TUBI | 15W<br>20W<br>23W | 75W<br>100W<br>2X60W | |
| ELETTRONICA 4 TUBI | 5W<br>11W<br>15W<br>20W | 25W<br>60W<br>75W<br>100W | |
| CONVENZIONALE GLOBO | 9W<br>13W<br>18W | 40W<br>60W<br>75W | |
| ELETTRONICA GLOBO | 15W<br>20W<br>23W | 75W<br>100W<br>2X60W | |



# L'UTILIZZO

## DOVE E COME

Abbiamo già sottolineato l'importanza di adattare l'illuminazione alle diverse esigenze, **evitando gli errori più frequenti:** cioè **una quantità di luce insufficiente** allo svolgimento di determinate attività come cucinare, leggere, cucire ecc. che richiedono una buona acuità visiva e **una errata distribuzione delle fonti luminose** che lasciano fastidiose zone d'ombra o che provocano abbagliamento.

## MIGLIORARE L'ILLUMINAZIONE

non significa, infatti, semplicemente aumentare la potenza delle lampadine (e quindi i consumi di elettricità): molto più importante è invece **determinare la corretta distribuzione delle sorgenti luminose e la giusta qualità della luce.**
Come determinare la quantità di luce necessaria in un ambiente? A questa domanda non si può dare una sola risposta. Cambia a seconda delle funzioni a cui è destinato l'ambiente.

**In ogni ambiente esistono delle attività principali che richiedono un particolare tipo di luce.**
In generale la soluzione migliore, per gli usi domestici, consiste nel creare una luce soffusa in tutto l'ambiente e intervenire con fonti luminose più intense nelle zone destinate ad attività precise come pranzare, leggere, studiare.

**È importante anche che le luci non abbaglino** né direttamente, né per riflessione. Nel primo caso basta eliminare dal campo visivo le lampadine con sorgenti di luce concentrata: ciò non vuol dire sempre cambiare la lampada o modificarne la posizione; spesso basta sostituire la lampadina chiara con una smerigliata o una opalizzata. Nel caso della riflessione ci sono alcune considerazioni da fare: può dipendere dal tipo di materiali e oggetti presenti in casa o dal tipo di lampada. Se ci sono superfici riflettenti si può intervenire sulla sorgente di luce e, ad esempio, sostituire una illuminazione concentrata con una diffusa. Si può anche intervenire sull'oggetto riflettente, cambiandolo di posto o modificandone l'orientamento. Non dimentichiamo inoltre che se vogliamo aumentare la luminosità e diminuire i consumi della luce artificiale **le pareti degli ambienti devono essere tinteggiate con colori chiari.**

## ECCO, INFINE, ALCUNI CONSIGLI PRATICI

- **Il lampadario centrale** per l'illuminazione generale delle stanze **non è una soluzione vantaggiosa in termini energetici,** soprattutto quando questo è provvisto di molte luci: una lampada ad incandescenza da 100 watt fornisce la stessa illuminazione di 6 lampadine da 25 watt, ma queste ultime consumano il 50% in più di energia elettrica.

- Dovendo scegliere un **lampadario centrale** è meglio utilizzarne uno **con una luce sola,** oppure, nel caso di un interruttore doppio si può installarne uno a due luci, una di potenza debole e una di potenza maggiore.

- **L'illuminazione con lampada da terra o da parete,** è migliore perché non crea zone d'ombra e dà una luce diffusa; si possono utilizzare apparecchi a luce diffusa tipo abat-jour oppure apparecchi con lampade alogene.

- **Per illuminare sculture, quadri, particolari oggetti,** l'illuminazione più idonea è quella data dai faretti che creano un fascio di luce diretta.

- **Nella zona pranzo** è meglio utilizzare una luce sospesa concentrata sul tavolo oppure una lampada da terra, con braccio curvo, che illumini il tavolo.

- Per **le scrivanie** sono da preferire **le lampade da tavolo con braccio orientabile.**

- Nei **bagni** sono sufficienti **plafoniere a soffitto** o faretti ad accensione separata, vicino allo specchio.

- **Appliques e plafoniere** sono una valida soluzione anche per i corridoi e per tutti gli ambienti di transito che non richiedono una forte illuminazione.

- In **cucina,** oltre **all'illuminazione generale,** occorre prevedere **luci sotto i pensili, sui piani di lavoro e sul piano di cottura** da utilizzare solo dove e quando servono.

## LA SICUREZZA, IL RISPARMIO, IL RISPETTO DELL'AMBIENTE

Al momento dell'acquisto degli apparecchi domestici è bene prestare attenzione al marchio IMQ (o altri marchi riconosciuti a livello europeo). Se c'è il marchio significa che l'apparecchio è prodotto in conformità con le norme di legge in materia di sicurezza.

Dove si trova il marchio di qualità? Il marchio di qualità può trovarsi sulla confezione, su un'etichetta verde applicata all'apparecchio o sulla targhetta delle caratteristiche tecniche, oppure, stampato sull'involucro. In ogni caso è un segno che dice "sicurezza".

Per quanto riguarda l'efficienza energetica, é adesso più facile scegliere i prodotti migliori in quanto le informazioni disponibili sono adesso più chiare ed in evidenza. Infatti dal 2002 una direttiva dell'Unione Europea rende obbligatorio esporre anche sulle lampade un'etichetta (**"etichetta energetica"**) che indica l'efficienza energetica dei vari tipi di lampade.

Un altro marchio significativo per il consumatore attento è l'Eco-label (ecoetichetta): un marchio europeo che indica un prodotto "compatibile con l'ambiente" e quindi, generalmente, anche con un minor consumo di energia. Ha per simbolo la margherita con le stelle come petali e la "E" di Europa al centro.

**L'ENEA** pubblica altri opuscoli sulle scelte più convenienti che tutti noi possiamo adottare per risparmiare energia e proteggere l'ambiente.
**P**otete richiedere gratuitamente gli opuscoli che vi interessano a:

**ENEA - Unità RES RELPROM**
**Lungotevere Thaon di Revel, 76 - 000196 Roma**
**Fax 0636272288**

## RICERCA E INNOVAZIONE PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE DEL PAESE

L'ENEA è un ente di diritto pubblico operante nei campi della ricerca e dell'innovazione per lo sviluppo sostenibile, finalizzata a promuovere insieme gli obiettivi di sviluppo, competitività e occupazione e quello della salvaguardia ambientale.
Svolge altresì funzioni di agenzia per le pubbliche amministrazioni mediante la prestazione di servizi avanzati nei settori dell'energia, dell'ambiente e dell'innovazione tecnologica.
In particolare l'Ente:

- svolge, sviluppa, valorizza e promuove la ricerca in tema di energia, ambiente e innovazione tecnologica nel quadro dei programmi di ricerca nazionali, dell'Unione Europea e di altre organizzazioni internazionali;
- sostiene e favorisce i processi di innovazione e di trasferimento tecnologico al sistema produttivo e alle pubbliche amministrazioni;
- fornisce supporto tecnico specialistico ed organizzativo alle amministrazioni, alle regioni e agli enti locali, nell'ambito di accordi di programma con i Ministeri dell'Industria, dell'Ambiente e dell'Università e della Ricerca Scientifica e con altre amministrazioni pubbliche.

L'Ente ha circa **3.600 dipendenti** che operano in Centri di Ricerca distribuiti su tutto il territorio nazionale.
Nelle diverse regioni sono anche presenti
**13 Centri di Consulenza Energetica Integrata** per la promozione e la diffusione degli usi efficienti dell'energia nei settori industriale, civile e dei trasporti.

## CENTRI DI CONSULENZA ENERGETICA INTEGRATA (C.C.E.I.)

**VENETO**
C.C.E.I. ENEA
Calle delle Ostreghe, 2434
C.P. 703
30124 VENEZIA
Tel. 0415226887
Fax 0415209100

**LIGURIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Serra, 6
16122 GENOVA
Tel. 010567141
Fax 010567148

**TOSCANA**
C.C.E.I. ENEA
Via Ponte alle Mosse, 61
50144 FIRENZE
Tel. 0553241227
Fax 055350491

**MARCHE**
C.C.E.I. ENEA
V.le della Vittoria, 52
60123 ANCONA
Tel. 07132773
Fax 07133264

**UMBRIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Angeloni, 49
06100 PERUGIA
Tel. 0755000043
Fax 0755006389

**LAZIO**
ENEA Divisione PROM
C.R. Casaccia
Via Anguillarese, 301
00060 ROMA
Tel. 0630483245
Fax 0630483930

**ABRUZZO**
C.C.E.I. ENEA
Via N. Fabrizi, 215/15
65122 PESCARA
Tel. 0854216332
Fax 0854216362

**MOLISE**
C.C.E.I. ENEA
Via Mazzini, 84
86100 CAMPOBASSO
Tel. 0874481072
Fax 087464607

**CAMPANIA**
C.C.E.I. ENEA
Via della Costituzione
Isola A/3
80143 NAPOLI
Tel. 081691111
Fax 0815625232

**PUGLIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Roberto da Bari, 119
70122 BARI
Tel. 0805248213
Fax 0805213898

**BASILICATA**
C.C.E.I. ENEA
C/o SEREA
Via D. Di Giura, s.n.c.
85100 POTENZA
Tel. 097146088
Fax 097146090

**CALABRIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Argine Destra
Annunziata, 87
89100 REGGIO CALABRIA
Tel. 096545028
Fax 096545104

**SICILIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Catania, 2
90143 PALERMO
Tel. 0917824120
Fax 091300703

ENEA

# PERCHÉ QUESTO OPUSCOLO ?

Ogni anno, in Italia, per riscaldare le nostre abitazioni bruciamo circa 14 miliardi di metri cubi di gas, 4,2 miliardi di chilogrammi di gasolio, oltre a 2,4 milioni di tonnellate di combustibili solidi, soprattutto legna e un po' di carbone. Così facendo si riversano nell' aria circa 380.000 tonnellate di sostanze inquinanti come ossidi di zolfo e di azoto, monossido di carbonio, ecc…
Oltre alle sostanze propriamente dette inquinanti, si riversano nell'atmosfera anche più di 40 milioni di tonnellate di anidride carbonica ($CO_2$): questa, come è noto, contribuisce al formarsi del così detto "effetto serra" causando l'innalzamento della temperatura media del nostro pianeta.
Il riscaldamento è, dopo il traffico, la maggiore causa dell'inquinamento delle nostre città.
In termini economici, il nostro Paese deve spendere globalmente oltre 12 milioni di Euro per l'acquisto all'estero dell'energia, ed ogni famiglia italiana spende, in media oltre 500,00 Euro l'anno per riscaldarsi.
Le cifre si commentano da sole. Tuttavia si può fare molto per migliorare la situazione, senza sacrifici e senza rinunciare al comfort a cui siamo abituati.
L'ENEA con questo opuscolo si rivolge a tutti coloro che vogliono:

- avere una casa sicura, calda e confortevole;
- vivere in un ambiente più pulito;
- risparmiare energia;
- pagare meno per il riscaldamento;
- saperne di più sulle nuove normative.

Indipendentemente dal tipo di impianto installato (individuale o centralizzato), dal combustibile usato (gasolio, metano, G.P.L.), "Risparmio Energetico con gli impianti di riscaldamento" fornisce utili indicazioni per la gestione dell'impianto di riscaldamento e aiuta a compiere le scelte migliori nel caso di cambiamenti o innovazioni.
Tutta la normativa che riguarda la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti di riscaldamento è stata modificata con l'obiettivo di contenere i consumi di energia, ridurre le emissioni inquinanti ed aumentare la sicurezza.
La legge n. 10 del 1991 e i successivi decreti di attuazione, in particolare il D.P.R. n. 412 del 26 agosto 1993 ed il recente D.P.R. 551 del 21 dicembre 1999 (pubblicato sulla GU n. 81 del 6 aprile 2000), hanno trasformato i più recenti criteri tecnici per l'uso razionale dell'energia in disposizioni alle quali tutti devono attenersi.

# EDIFICIO E IMPIANTO TERMICO: UN UNICO SISTEMA

### EDIFICI NUOVI E RISTRUTTURAZIONI

Gli edifici nuovi, per i quali siano stati iniziati i lavori di costruzione dopo il 1° agosto 1994, devono essere progettati e realizzati in modo da rispettare le nuove normative. Queste considerano l'impianto termico e l'edificio come un unico sistema che deve essere quanto più possibile efficiente dal punto di vista energetico e, naturalmente, sicuro.
Lo stesso principio vale anche in caso di:

- ristrutturazione dell'impianto termico, cioè modifica sostanziale dei sistemi di produzione e di distribuzione del calore, compreso il caso di trasformazione di un impianto centralizzato in più impianti individuali;
- installazione di un impianto termico in edifici esistenti
- sostituzione della caldaia.



### RELAZIONE TECNICA

Insieme alla denuncia di inizio lavori di costruzione dell'edificio o di ristrutturazione dell'impianto, il proprietario deve depositare presso il Comune una relazione che contenga:

- il progetto dell'impianto termico;
- il calcolo del fabbisogno energetico per il riscaldamento, cioè la quantità di energia richiesta dall'edificio e dall'impianto per mantenere la temperatura ambiente a 20 °C per l'intera stagione di riscaldamento;
- il calcolo del rendimento stagionale, cioè dell'efficienza dell'intero sistema che comprende l'involucro edilizio, la caldaia, la rete di distribuzione, i termosifoni ed i sistemi di regolazione.

Quindi l'insieme delle parti che compongono l'impianto termico:

- la caldaia, che trasforma l'energia del combustibile in energia termica;
- la rete di distribuzione dell'acqua o dell'aria calda;
- i termosifoni, che trasferiscono l'energia termica all'ambiente interno;
- i sistemi di regolazione (termostati, valvole ecc..), che ne gestiscono il funzionamento devono essere scelti e progettati insieme all'edificio e non, come spesso avveniva prima, in una fase successiva.

### DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ

Per garantire che l'impianto termico sia realizzato a regola d'arte, secondo le prescrizioni del progettista e nel rispetto di tutte le norme di sicurezza, l'installazione deve essere effettuata da una ditta specializzata in possesso dell'abilitazione prevista dalla legge n. 46 del 1990. A lavori ultimati, la ditta deve obbligatoriamente rilasciare al proprietario una dichiarazione di conformità dell'impianto necessaria, anche, per ottenere il certificato di abitabilità dell'immobile.
La dichiarazione di conformità dovrà essere completa degli allegati obbligatori:

1. progetto nei casi previsti;
2. sempre la relazione con tipologia dei materiali utilizzati;
3. lo schema di impianto realizzato;
4. il riferimento a dichiarazioni di conformità precedenti;
5. la copia del certificato di riconoscimento dei requisiti tecnico-professionali rilasciato dalla C.C.I.A.A.

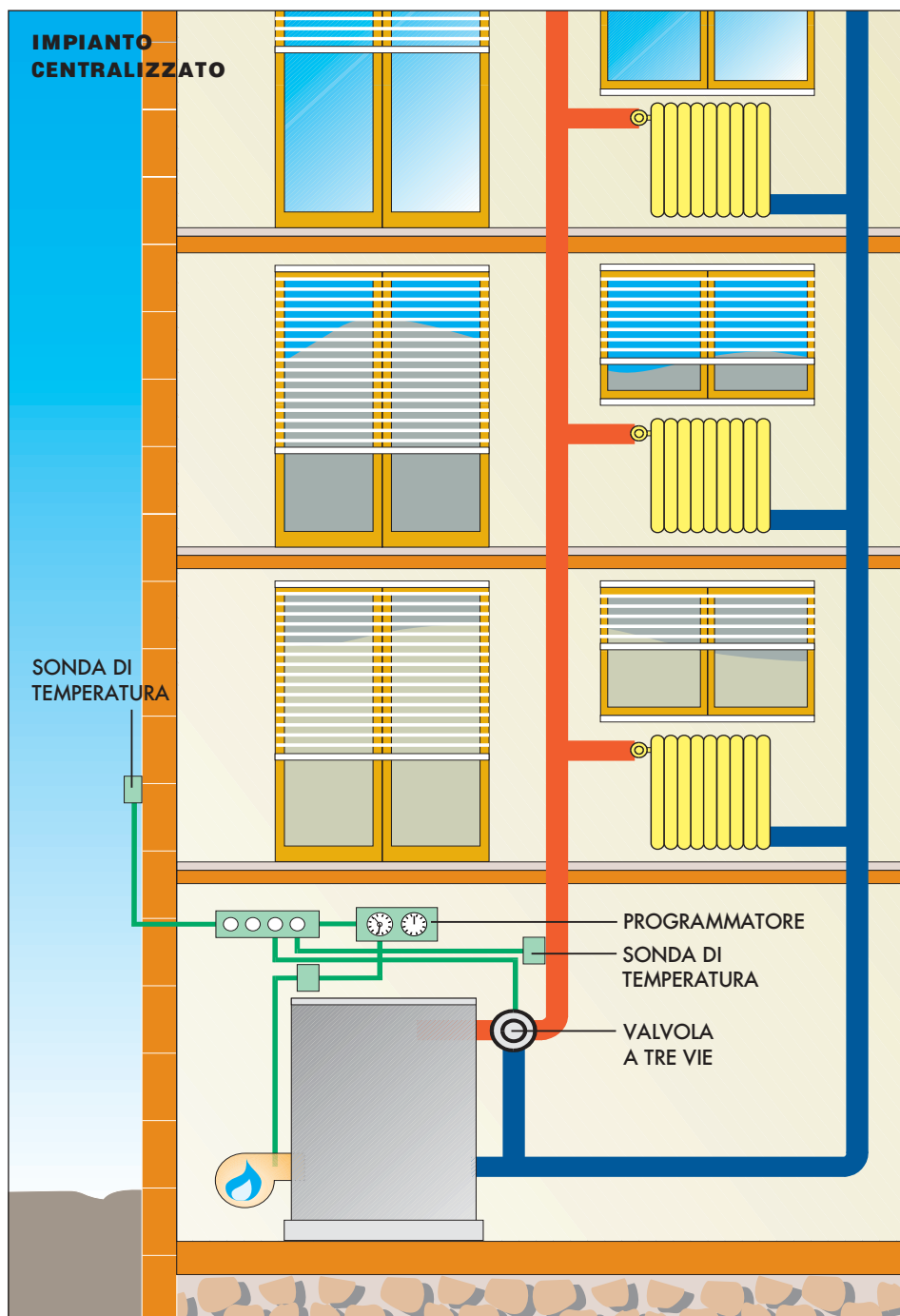
# LA CALDAIA

### COM'È FATTA

È il cuore dell'impianto, dove il combustibile viene bruciato per scaldare l'acqua o l'aria (fluido termovettore) che circolerà poi nell'impianto.
È composta, in generale, da un bruciatore che miscela l'aria con il combustibile e alimenta una camera di combustione (il focolare), da una serie di tubi attraverso i quali i fumi caldi prodotti dalla combustione scaldano il fluido termovettore e da un involucro esterno di materiale isolante protetto da una lamiera (mantello isolante).

### POTENZA

Ogni caldaia è caratterizzata da:

- una potenza termica del focolare, che indica la quantità di energia che il combustibile sviluppa in un'ora nella camera di combustione;
- una potenza termica utile, cioè l'energia effettivamente trasferita, per ogni ora, al fluido termovettore.

L'energia contenuta nel combustibile viene per la maggior parte trasferita al fluido termovettore, ed in piccola parte dispersa verso l'esterno dal corpo stesso della caldaia (attraverso il mantello isolante) e soprattuttto dai fumi che fuoriescono, ancora caldi, dal camino.
Più vicini sono i valori della potenza al focolare e della potenza utile, minori sono le perdite di calore e quindi migliore è il rendimento della caldaia.
La legge prevede, per ciascun tipo di caldaia di nuova installazione, un valore minimo del rendimento utile sia per il funzionamento a regime che per il funzionamento al 30% della potenzialità massima.
La seguente tabella mostra, a titolo di esempio per ciascun tipo di caldaia, alcuni valori per i rendimenti minimi di legge che possono servire da confronto per valutare le prestazioni di una caldaia.

| Tipo di caldaia | Potenza utile kW (kcal/h) | | Rendimento a potenza nominale % | Rendimento a carico parziale % |
|---|---|---|---|---|
| Caldaie standard | 20<br>200 | (17.200)<br>(172.000) | 86,6<br>88,6 | 83,9<br>86,9 |
| Caldaie a bassa temperatura | 20<br>200 | (17.200)<br>(172.000) | 89,5<br>91,0 | 89,5<br>91,0 |
| Caldaie a gas a condensazione | 20<br>200 | (17.200)<br>(172.000) | 92,3<br>93,3 | 98,3<br>99,3 |

La scelta della potenza e del tipo di caldaia da installare dipende dalle caratteristiche dell'edificio, dall'ubicazione e dalla sua destinazione d'uso.
È una scelta importante che deve essere fatta da un professionista qualificato e attento ai problemi energetici. Infatti, una caldaia di tipo standard più grande del necessario spreca energia: specialmente nelle stagioni intermedie, essa raggiunge rapidamente la temperatura prefissata e quindi ha lunghi e frequenti periodi di spegnimento durante i quali disperde il calore dal mantello e attraverso il camino. Quindi, se si considera l'intera stagione di riscaldamento, la sua efficienza globale non è elevata, cioè il suo rendimento stagionale è basso.
Per rispettare i valori di rendimento imposti dalle nuove norme, le caldaie più recenti come le "modulanti", quelle a "temperatura scorrevole" e le caldaie a condensazione permettono di mantenere una buona efficienza anche nelle stagioni intermedie.

### POTENZA MASSIMA

Se la potenza necessaria a scaldare l'edificio supera i 350 kW, è necessario installare due o più caldaie. In questo modo si evita che caldaie molto grandi lavorino, in particolare nelle stagioni intermedie, a basso regime e quindi con bassi valori di rendimento.

### ACQUA CALDA CENTRALIZZATA

Per produrre anche acqua calda per usi sanitari è necessaria una caldaia con potenza molto superiore a quella sufficiente al solo riscaldamento. Per evitare sovradimensionamenti, nelle nuove installazioni, non è più ammessa la produzione di acqua calda effettuata dalla stessa caldaia destinata al riscaldamento, con l'eccezione degli impianti individuali.

### LOCALE CALDAIA PER IMPIANTI CENTRALIZZATI

Evidenti motivi di sicurezza impongono che ogni caldaia debba essere installata in un locale idoneo, di dimensioni adeguate e con un ricambio d'aria sufficiente a reintegrare l'ossigeno

consumato dalla combustione. Esistono precise norme per tutti i locali caldaia e, quando la potenza termica è maggiore di 116 kW (100.000 kcal/h), è necessario un Certificato di Prevenzione Incendi rilasciato dai Vigili del Fuoco.

### CALDAIE INDIVIDUALI

Le caldaie individuali di nuova installazione possono essere di tipo stagno o atmosferiche (dette anche a fiamma libera). Le caldaie di tipo stagno sono costruite in modo che l'aria necessaria alla combustione viene presa dall'esterno tramite un tubo e i fumi vengono evacuati sempre all'esterno; per questo motivo non ci sono preclusioni sul locale di installazione. Le caldaie atmosferiche, invece, per la combustione utilizzano l'aria del locale in cui sono poste ed è per questo motivo che il locale deve essere adeguatamente ventilato e, se poste all'interno dell'abitazione, non possono essere installate in bagno o in camera da letto.

### PRESE D'ARIA

Le caldaie atmosferiche individuali a gas già esistenti possono rimanere installate all'interno dell'abitazione, purché nella stanza ci siano prese d'aria, non ostruibili, praticate in una parete esterna o verso locali adiacenti dotati, a loro volta, di prese d'aria esterna (escluse le camere da letto e i garage). Le dimensioni di queste prese d'aria devono essere calcolate da un tecnico tenendo conto di tutti gli altri eventuali apparecchi di combustione installati nel locale. In caso di nuova installazione di caldaie atmosferiche in locali abitati, dovrà essere realizzata, nelle modalità previste dalle norme tecniche, un'apertura di sezione libera non inferiore a 0,4 $m^2$ (es. 40x100 cm).

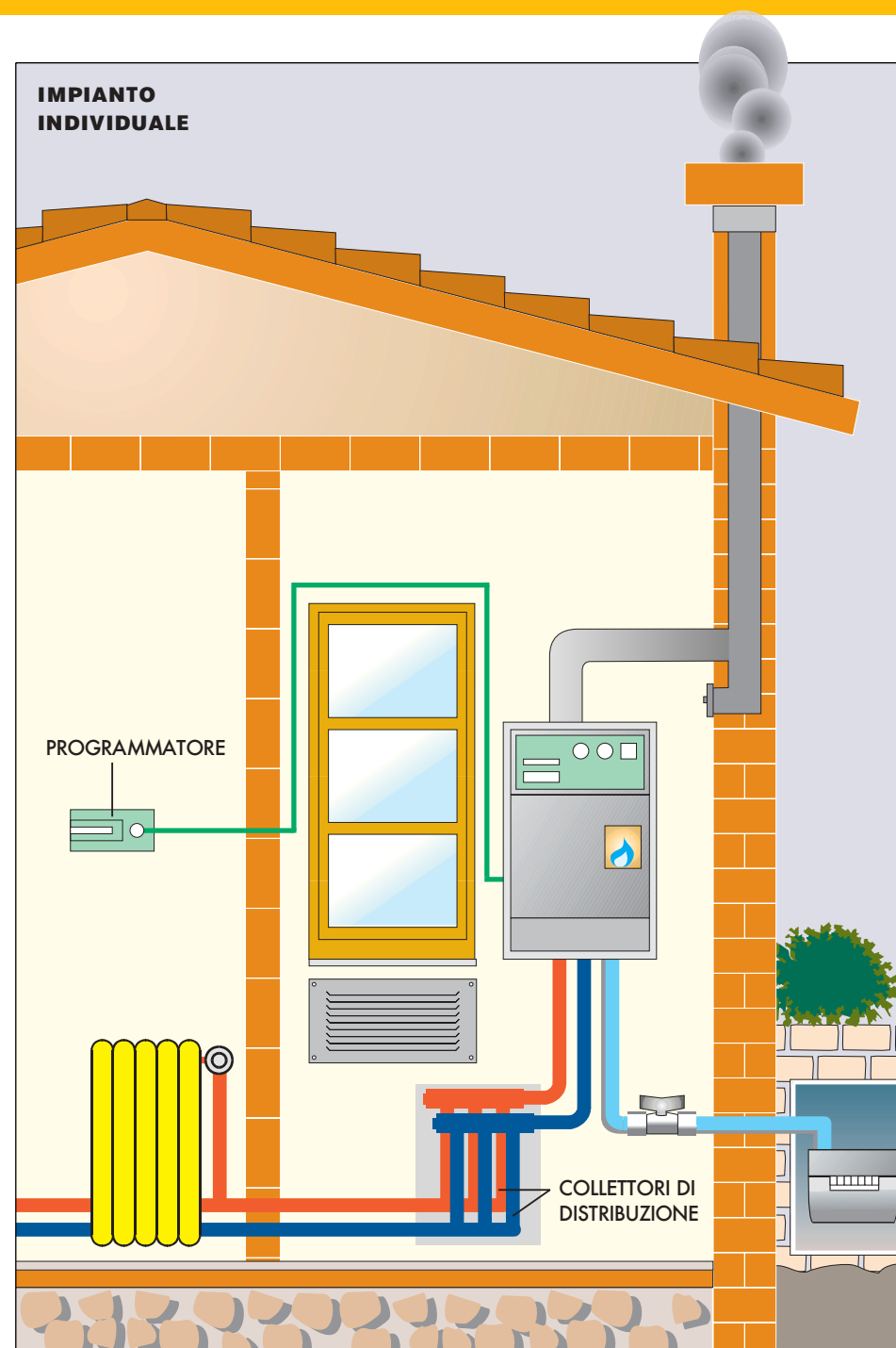
### SCARICO DEI FUMI

Tutti i combustibili, bruciando, rilasciano nell'aria una certa quantità di sostanze inquinanti, ed è per questo che le caldaie installate in edifici plurifamiliari, sia centralizzate che individuali, devono essere collegate ad una canna fumaria che arrivi fin sopra il colmo del tetto. Nel caso di impianti individuali è possibile evacuare i fumi di più caldaie con la stessa stessa canna fumaria, ma questa deve essere adeguatamente progettata e le caldaie allacciate devono avere caratteristiche simili.
Negli impianti individuali già esistenti e negli edifici monofamiliari anche nuovi è consentito mantenere lo scarico individuale a parete.
Lo scarico a parete può essere utilizzato nei tre casi seguenti:

- nella sostituzione di generatori di calore individuali;
- nelle singole ristrutturazioni di impianti termici individuali già esistenti, siti in stabili plurifamiliari, qualora nella versione iniziale non dispongano già di camini o canne fumarie o sistemi di evacuazione dei fumi con sbocco sopra il tetto dell'edificio;
- nuove installazioni di impianti termici individuali in edifici "storici", in precedenza mai dotati di alcun tipo di impianto termico, a condizione che non esista camino, canna fumaria o sistema di evacuazione dei fumi.

Negli ultimi due casi è comunque obbligatorio installare generatori di calore individuali con basse emissioni inquinanti (norma tecnica UNI EN 297).

### LIBRETTO DI USO E MANUTENZIONE

È un documento importante che va conservato con cura. È diviso in due parti, una per l'utilizzatore, l'altra per l'installatore e il manutentore e fornisce molte utili indicazioni quali i valori di rendimento della caldaia, le specifiche elettriche per il collegamento di termostati ambiente, le principali operazioni di manutenzione. È altresì importante conservare i libretti di uso e manutenzione degli altri componenti l'impianto termico come ad esempio: cronotermostati, valvole termostatiche, valvole a tre vie motorizzate, addolcitori ecc.…

# LA RETE DI DISTRIBUZIONE

### COS'È

È costituita essenzialmente dall'insieme delle tubazioni di mandata e di ritorno che collegano la caldaia ai termosifoni. Generalmente, negli impianti di riscaldamento di edifici civili, l'acqua calda (tra i 50 ed i 90°C) partendo dalla caldaia, percorre le tubazioni di mandata, riscalda i radiatori e quindi l'ambiente, e ritorna a temperatura più fredda alla caldaia stessa.

### IMPIANTI A COLONNE MONTANTI (A DISTRIBUZIONE VERTICALE)

Gli impianti a colonne montanti sono costituiti da un anello, formato da una tubazione di mandata e una di ritorno, che percorre la base dell'edificio. Dall'anello si dipartono delle colonne montanti che alimentano i vari radiatori posti sulla stessa verticale ai vari piani dell'edificio. Fino a pochi anni fa tale tipologia era molto diffusa perchè consentiva di realizzare economie in fase di costruzione; più difficilmente però permette di ottimizzare la gestione dell'impianto specialmente quando si hanno diverse utilizzazioni delle varie zone dell'edificio.

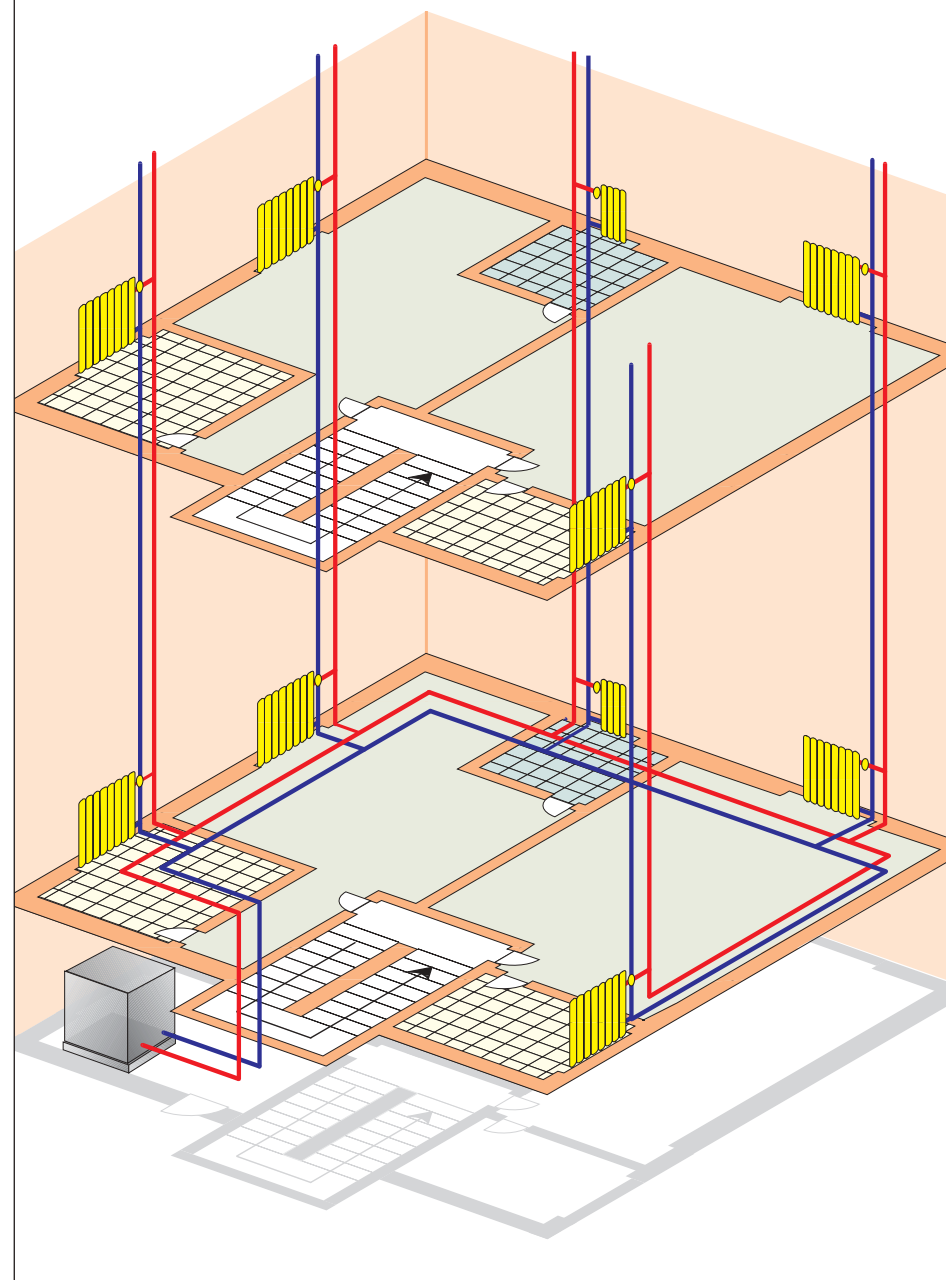
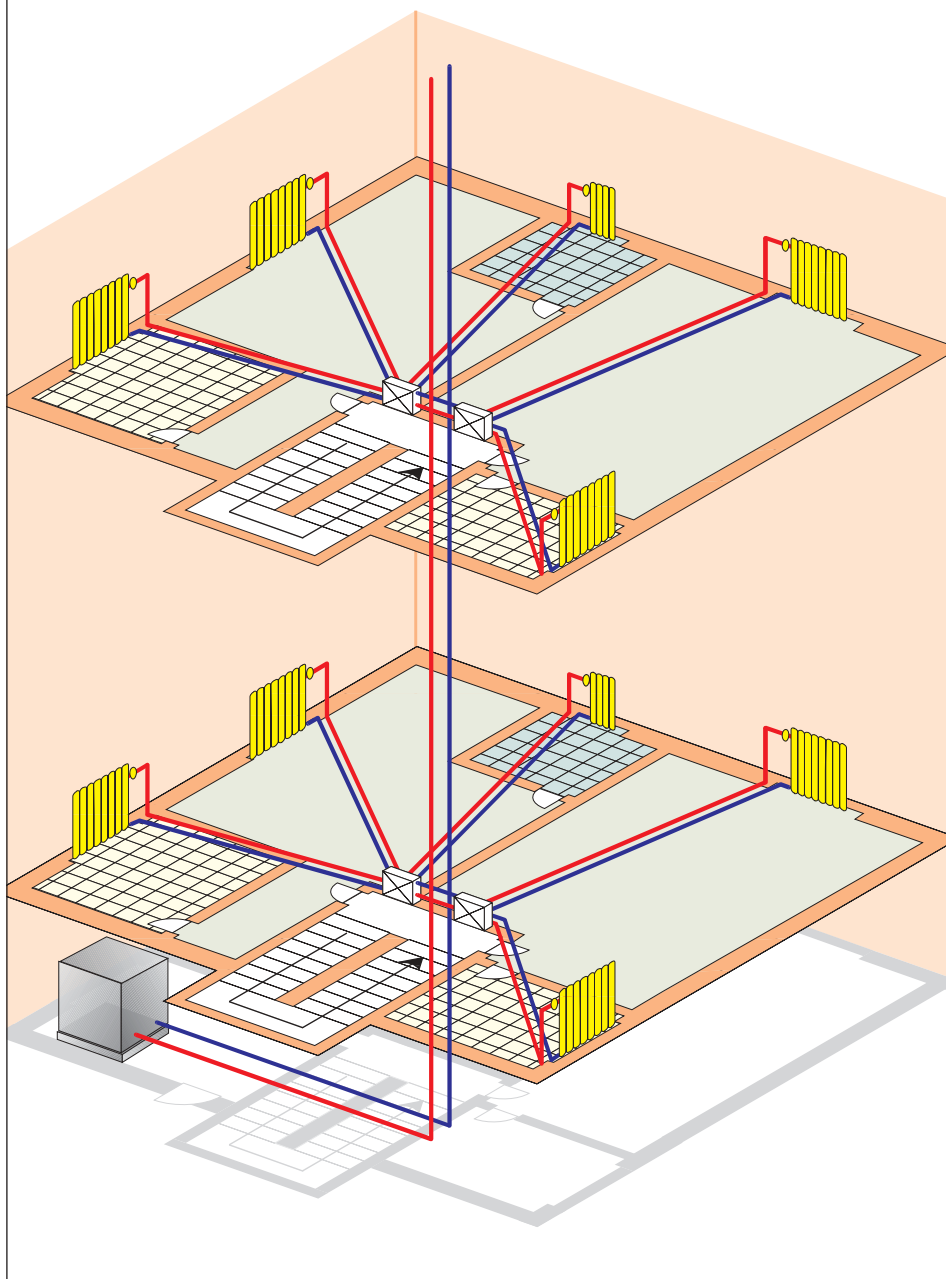
### IMPIANTI A ZONE (A DISTRIBUZIONE ORIZZONTALE)

Gli impianti a zone sono realizzati in modo che ad ogni zona dell'edificio, ad ogni piano o ad ogni singolo appartamento è dedicata una parte della rete di distribuzione. Con questo tipo di impianto è possibile gestire in maniera diversificata le varie zone, non riscaldando, ad esempio, quelle che in un dato periodo, non sono occupate.
Per questo tale tipologia impiantistica è consigliabile in tutti gli edifici nuovi o nelle ristrutturazioni, laddove esistono zone con diverse utilizzazioni come, ad esempio, nel caso di edifici destinati in parte ad uffici o negozi ed in parte a residenze.

### COIBENTAZIONE

Per limitare le dispersioni, le tubazioni della rete di distribuzione debbono essere protette da un adeguato strato di materiale isolante, il cui spessore, fissato dalla normativa, dipende dal diametro della tubazione, dal tipo di isolante, e dalla parete che attraversa. A titolo di esempio la seguente tabella indica lo spessore minimo di materiale isolante (in questo caso poliuretano espanso con conduttività termica utile di 0,034 W/m°C) che deve rivestire le tubazioni di un impianto nei tre casi previsti dalla normativa:

- tubazioni poste all'esterno o in vani non riscaldati o in murature esterne non isolate;
- tubazioni verticali poste in murature isolate;
- tubazioni poste in strutture tra ambienti riscaldati.

| Dimensioni tubo | Spessore dell'isolante | | |
|---|---|---|---|
| Diametro esterno tubazione mm | Murature esterne mm | Murature isolate mm | Strutture interne mm |
| fino a 20 | 15 | 12,5 | 4,5 |
| da 20 a 39 | 23 | 11,5 | 7 |
| da 40 a 59 | 31 | 15,5 | 9,5 |
| da 60 a 79 | 39 | 19,5 | 12 |
| da 80 a 99 | 44 | 22 | 13,5 |
| maggiore di 100 | 48 | 24 | 14,5 |

# I RADIATORI

## COSA SONO

Sono i terminali dell'impianto, attraverso i quali il calore contenuto nell'acqua viene ceduto all'ambiente da riscaldare. Sono chiamati comunemente termosifoni o piastre e costituiscono la parte più visibile ed accessibile dell'impianto.
Possono essere costruiti in ghisa, in acciaio o in alluminio. I radiatori in ghisa mantengono più a lungo il calore e continuano ad emetterlo anche quando, ad esempio, l'impianto è spento; di contro sono più ingombranti e impiegano più tempo a diventare caldi. Quelli in alluminio e in acciaio hanno il pregio di scaldarsi rapidamente e di avere un minore ingombro ma tendono a raffreddarsi piuttosto in fretta.

## SUPERFICIE RADIANTE

La caratteristica fondamentale di ogni radiatore è la superficie di scambio termico con l'ambiente, detta anche impropriamente, superficie radiante: più è grande, maggiore è la quantità di calore che il radiatore può cedere all'ambiente. I modelli più recenti sono dotati di alette e di setti interni che ne aumentano la superficie di scambio. A seconda del tipo, quindi, radiatori con uguali dimensioni esterne possono avere prestazioni diverse.

## CONVETTORI VENTILATI

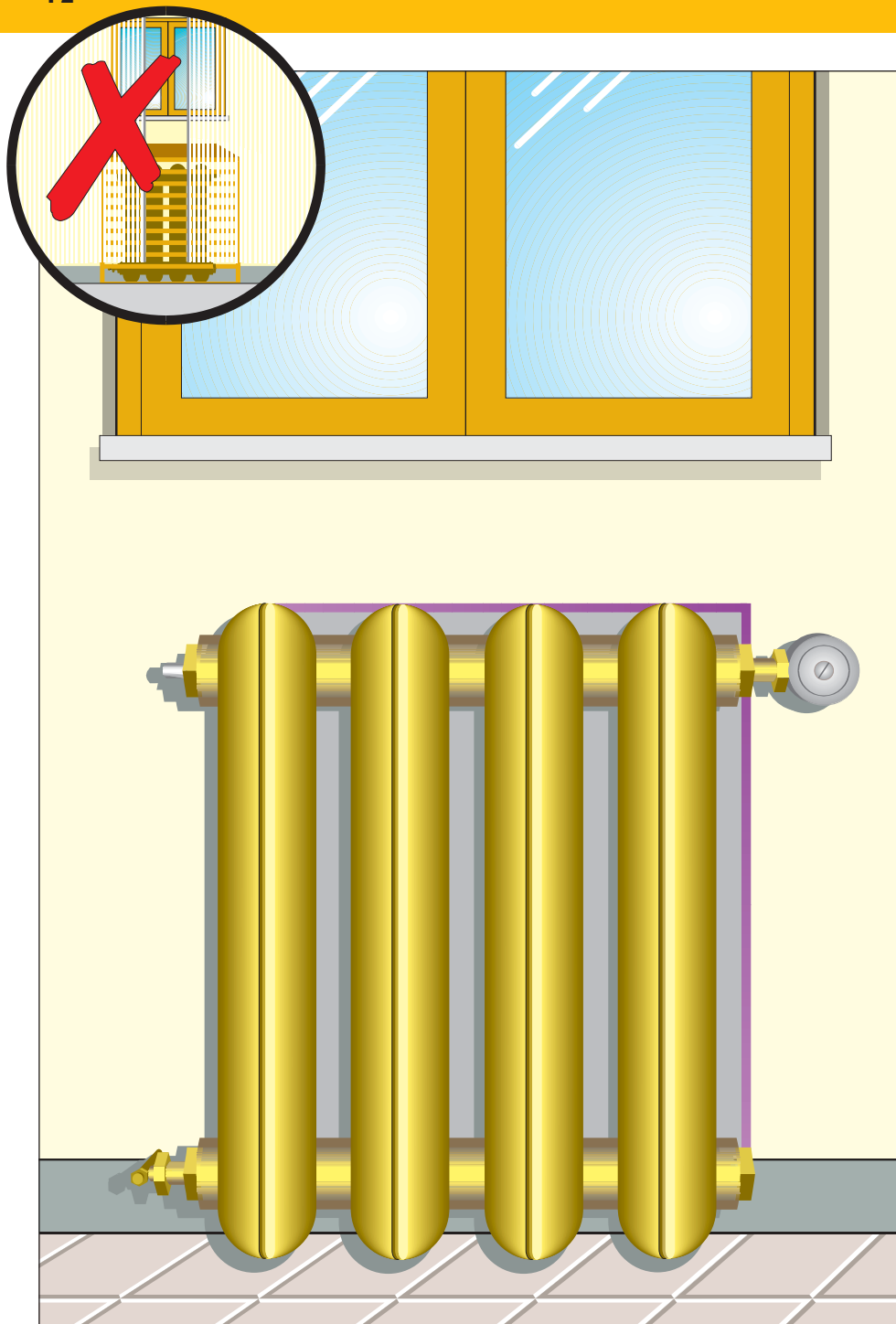
Nel caso di alloggi abitati saltuariamente, invece dei radiatori, sono più indicati i convettori ventilati (o ventilconvettori), nei quali l'aria che si scalda a contatto con le superfici calde viene mossa da un ventilatore azionato elettricamente. Questo fa si che aumenti la rapidità con la quale si scalda l'aria ambiente.

## VALVOLA TERMOSIFONE, VALVOLA DI SFIATO E DETENTORE

Quasi tutti i radiatori sono dotati, generalmente nella parte superiore, di una valvola termosifone e, talvolta, di una valvola per la fuoriuscita dell'aria.
La valvola termosifone può essere utilizzata per chiudere il radiatore, e non sprecare energia, quando non si abita una stanza, oppure quando si aprono le finestre con il riscaldamento acceso.
Se i radiatori non si scaldano può darsi che si sia formata una bolla d'aria all'interno che non permette all'acqua di circolare. In questo caso basta aprire la valvola di sfiato dell'aria fino a quando non esce un pò d'acqua.
I modelli più recenti sono dotati di un'altra valvola, posta normalmente nella parte inferiore in corrispondenza della tubazione di ritorno, chiamata detentore. Su di essa si agisce quando si vuole equilibrare l'impianto consentendo, ad esempio, un maggiore afflusso d'acqua calda ai radiatori dei piani più alti.

## SUGGERIMENTI

Due semplici consigli per non sprecare energia:

- qualunque sia il tipo di radiatore è importante non ostacolare la circolazione dell'aria; è sbagliato quindi mascherare i radiatori con copritermosifoni o nasconderli dietro le tende;
- se il radiatore è posto su una parete che dà verso l'esterno, ad esempio nel vano sottofinestra, è consigliabile inserire tra questo e il muro un pannello di materiale isolante con la faccia riflettente rivolta verso l'interno.

# COME AVERE SEMPRE LA GIUSTA TEMPERATURA: I SISTEMI DI REGOLAZIONE

### COSA SONO

La progettazione dell'impianto e la scelta della potenza della caldaia, si basano sul calcolo delle dispersioni termiche dell'edificio, in presenza di determinate condizioni climatiche e di esposizione. L'impianto, infatti, deve essere dimensionato per assicurare il comfort interno anche in presenza di punte eccezionali di freddo e, comunque alle temperature minime medie della zona.
In pratica queste condizioni climatiche si verificano per un periodo di tempo relativamente breve durante tutta la stagione di riscaldamento. Se si continuasse a fornire all'edificio la stessa quantità di calore, indipendentemente dal valore della temperatura esterna, si avrebbe un surriscaldamento degli ambienti interni e, di conseguenza, un notevole spreco di energia.
I sistemi di regolazione hanno quindi lo scopo di mantenere la temperatura all'incirca costante negli ambienti interni, indipendentemente dalle condizioni climatiche esterne.
La regolazione può essere effettuata in modi diversi, in relazione al tipo di impianto, al grado di precisione e di automatismo che si vuole raggiungere.

### IMPIANTI CENTRALIZZATI

Generalmente gli impianti centralizzati sono dotati di una centralina di controllo (programmatore) con la quale:

- vengono impostatati i tempi di accensione dell'impianto;
- viene regolata automaticamente la temperatura di mandata dell'acqua ai radiatori sulla base della temperatura esterna, rilevata con una sonda di temperatura. La centralina agisce su una valvola (a 3 o 4 vie) che miscela l'acqua calda di mandata con quella fredda di ritorno.

In questo modo, al variare della temperatura esterna, si riesce con una certa approssimazione, a mantenere costante la temperatura dell'edificio (per esempio a 20°C).
Nel caso di edifici nuovi o di ristrutturazione di impianti termici, è prescritta l'installazione di centraline che diano la possibilità di regolare la temperatura ambiente, almeno su due livelli sigillabili nell'arco delle 24 ore (per esempio 20°C di giorno e 16°C di notte).
La regolazione degli impianti centralizzati, intervenendo esclusivamente sulla temperatura dell'acqua dei radiatori, non tiene conto che, se l'impianto non è ben progettato ed equilibrato, nelle diverse zone dell'edificio spesso si stabiliscono temperature diverse come succede tra il primo piano e l'ultimo, tra le facciate esposte a sud e quelle a nord, tra gli appartamenti d'angolo e quelli interni, e così via.
Spesso, per assicurare un buon comfort agli alloggi più freddi si aumenta la temperatura dell'acqua di mandata, con il risultato di surriscaldare quelli più caldi e di sprecare energia.

### IMPIANTI INDIVIDUALI

Negli impianti individuali a servizio di una sola unità immobiliare è frequente e consigliabile l'installazione di un programmatore che accende e spenge automaticamente la caldaia:

- in base alla temperatura ambiente scelta (termostato;)
- in base alla temperatura ambiente e ad orari prefissati (cronotermostato).

Con questo sistema di regolazione, si realizza, con migliore approssimazione, l'obiettivo di mantenere la temperatura costante al variare delle condizioni climatiche esterne. Inoltre, è possibile scegliere orari di accensione più adatti alle esigenze di chi occupa l'alloggio, sempre nel rispetto

degli orari e delle temperature fissate dalla legge.
Anche negli impianti individuali, negli edifici nuovi o nel caso di ristrutturazioni, è obbligatorio l'uso di un cronotermostato regolabile su due livelli di temperatura.

**VALVOLE TERMOSTATICHE**

Sia negli impianti centralizzati che in quelli individuali si sono fatti grandi passi nella direzione di consumare l'energia solo dove e quando serve.
Ma si può fare di più.
Si può regolare la temperatura di ogni singolo ambiente per sfruttare anche gli apporti gratuiti di energia, cioè quelli dovuti, ad esempio, alla presenza di molte persone, ai raggi del sole attraverso le finestre, agli elettrodomestici.
Per ogni radiatore, al posto della valvola manuale, si può installare una valvola termostatica per regolare automaticamente l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura scelta ed impostata su una apposita manopola graduata. La valvola si chiude mano a mano che la temperatura ambiente, misurata da un sensore, si avvicina a quella desiderata, consentendo di dirottare ulteriore acqua calda verso gli altri radiatori, ancora aperti.
In questo modo si può consumare meno energia nelle giornate più serene, quando il sole è sufficiente per riscaldare alcune stanze, oppure, ad esempio, impostare una temperatura più bassa nelle stanze da letto e una più alta in bagno o anche lasciare i radiatori aperti al minimo quando si esce da casa. Le valvole termostatiche, installate negli impianti centralizzati hanno anche una buona influenza sull'equilibrio termico delle diverse zone dell'edificio. Quando i piani più caldi arrivano a 20°C le valvole chiudono i radiatori consentendo un maggiore afflusso di acqua calda ai piani freddi. Per l'installazione delle valvole termostatiche è consigliabile rivolgersi ad un professionista o a una ditta qualificata.

**IL RISPARMIO**

Il risparmio di energia indotto dall'uso delle valvole termostatiche può arrivare fino al 20%. Proprio per questa ragione, è spesso obbligatoria l'installazione negli edifici di nuova costruzione e nelle ristrutturazioni.

**I COSTI**

Nei modelli più recenti di radiatori, la valvola è già predisposta per ricevere una "testa" termostatica. In questo caso l'installazione è più semplice e costa circa 26,00 Euro a radiatore. Se invece è necessario sostituire l'intera valvola, il costo si aggira sulle 62,00 Euro, mano d'opera compresa.

# CENTRALIZZATO, INDIVIDUALE, O... ? LA CONTABILIZZAZIONE

Negli ultimi anni, anche per la maggiore diffusione del metano, molti hanno scelto di sostituire l'impianto centralizzato con impianti individuali. Questa tendenza è stata anche facilitata dalla legge n. 10 del 1991 che ha stabilito che questa trasformazione, se finalizzata al risparmio energetico, può essere decisa dalla semplice maggioranza millesimale e non più dalla unanimità dei condomini.

Le ragioni di questa tendenza sono note a tutti: con un impianto autonomo si ha maggiore libertà nella gestione del riscaldamento, cioè nella scelta dei tempi e delle temperature. Facendo un pò di attenzione, inoltre, si riesce a risparmiare sensibilmente.

Ma esistono anche alcuni svantaggi degli impianti autonomi: non si possono dividere con nessuno le spese obbligatorie di manutenzione annuale; il rendimento delle caldaie individuali è, in generale, minore di quello di una caldaia centralizzata, per cui, se la si tiene accesa per lo stesso numero di ore, si rischia di consumare più combustibile; i lavori di trasformazione sono spesso molto onerosi; ed infine, la sicurezza, che nel caso di impianti autonomi non dipende solo dalla diligenza del singolo, ma anche da quella dei suoi vicini...

**TRASFORMAZIONE**

È bene ricordare che la trasformazione da impianto centralizzato ad autonomo, anche nel caso di un solo distacco, è considerata, una ristrutturazione dell'impianto termico e quindi soggetta, al rispetto delle nuove norme e a molti più vincoli che in passato:

- ogni caldaia individuale deve essere dotata di canna fumaria con sbocco oltre il colmo del tetto;
- prima della trasformazione va presentato un progetto ed una relazione tecnica al Comune.

**LA CONTABILIZZAZIONE**

Queste ragioni rendono sempre più conveniente la scelta di mantenere l'impianto condominiale centralizzato installando un sistema di contabilizzazione del calore e applicando la ripartizione delle spese.
Con la contabilizzazione è possibile mantenere i vantaggi di un impianto centralizzato e contemporaneamente avere la libertà di scegliere le temperature e gli orari che più soddisfano le esigenze del singolo utente. Si potrà infatti gestire autonomamente il riscaldamento senza avere la caldaia in casa.

Si tratta di installare un sistema di apparecchiature che misurano (contabilizzano) la quantità di calore effettivamente consumata in ogni appartamento e consentono di regolare la parte di impianto che è al servizio di ogni alloggio.

Oltre ad una quota fissa, stabilita dall'assemblea condominiale (variabile dal 20 al 50%), ogni utente pagherà solo il calore che realmente avrà consumato. In questo modo, il condomino che apporterà migliorie all'isolamento termico di pareti e finestre sarà immediatamente ricompensato: il suo appartamento, infatti, consumerà e pagherà meno degli altri.

## I VANTAGGI

I vantaggi della contabilizzazione del calore, dal punto vista energetico, sono notevoli. È per questo che dal 30 giugno 2000 nei nuovi impianti centralizzati, realizzati in nuovi edifici, è obbligatorio installare sistemi di contabilizzazione del calore.

Il tipo di apparecchiature da installare ed i relativi costi dipendono molto dal sistema di distribuzione dell'impianto e dal grado di automatismo nella gestione che si vuole realizzare.

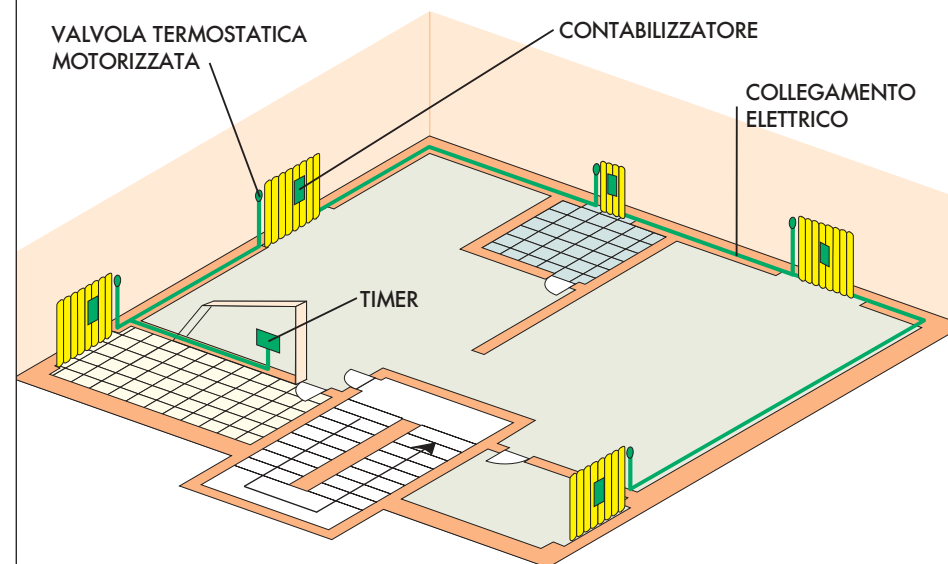
Va detto inoltre che, nella maggior parte dei casi, le ditte che installano i sistemi di contabilizzazione offrono anche il servizio completo di assistenza e di lettura dei risultati della contabilizzazione fino alla consegna all'Amministratore delle tabelle con la ripartizione delle spese appartamento per appartamento.

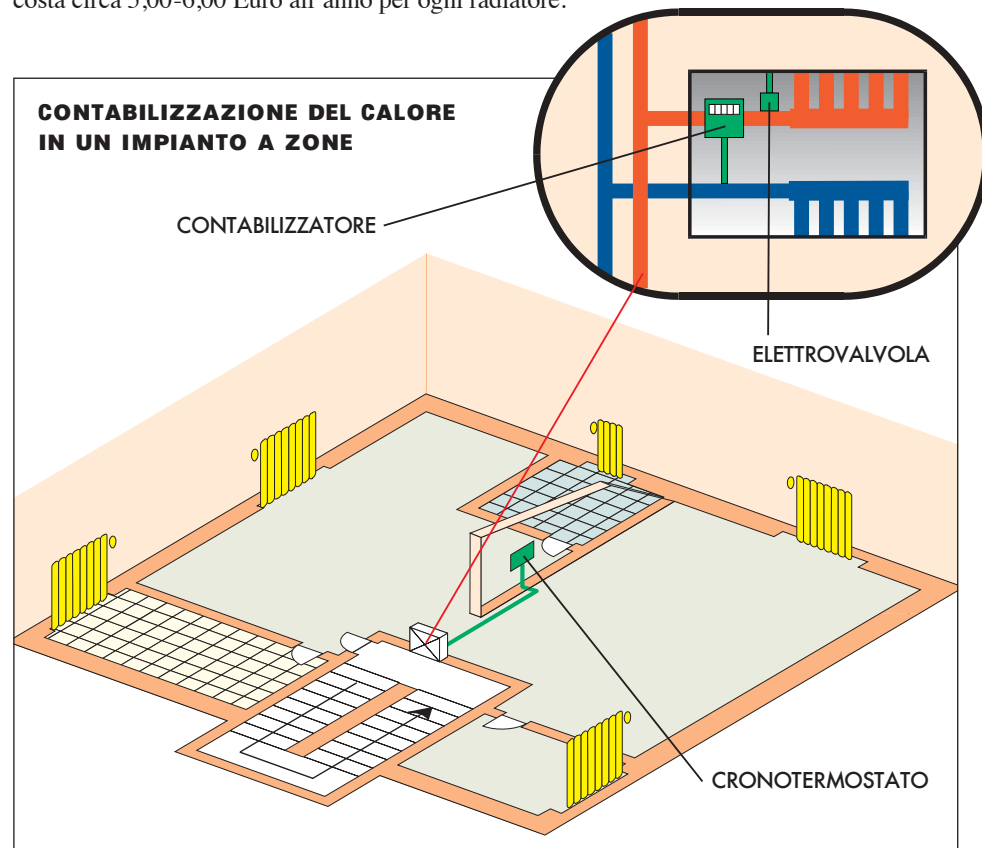


## I VARI SISTEMI

Negli impianti a colonne montanti è necessario misurare quanta energia consumano, singolarmente, tutti i radiatori e quindi installare un contabilizzatore di calore su ogni radiatore.

Il sistema più semplice per gestire l'impianto secondo le proprie esigenze e avere anche la possibilità di consumare meno, consiste nel sostituire le valvole manuali dei radiatori con valvole termostatiche in modo da regolare, stanza per stanza, la temperatura desiderata.
Con qualche lavoro in casa si possono installare valvole termostatiche motorizzate sui radiatori ed un interruttore orario (timer). Collegando elettricamente le valvole al timer si potranno aprire o chiudere i radiatori in base agli orari scelti. La regolazione delle valvole termostatiche assicurerà poi la temperatura desiderata stanza per stanza.
La quantità di calore consumata da ogni radiatore e registrata dai contabilizzatori deve essere letta, periodicamente, da un tecnico incaricato dall'Amministratore. Tuttavia, alcuni tra i sistemi di contabilizzazione più recenti permettono di evitare che la lettura dei consumi sia fatta all'interno dell'appartamento, radiatore per radiatore: ogni contabilizzatore, infatti può trasmettere via radio i dati ad una centralina, installata ad esempio nell'androne, dalla quale l'incaricato della lettura potrà prelevare i dati relativi ai consumi di tutti gli appartamenti.

**CONTABILIZZAZIONE DEL CALORE IN UN IMPIANTO A COLONNE MONTANTI**

Negli impianti a zone, basterà installare un solo contabilizzatore di calore per ogni appartamento.
Con un cronotermostato (collegato ad una elettrovalvola sulla tubazione di mandata dell'acqua calda all'appartamento) si potrà poi gestire autonomamente il calore.
Normalmente sia l'elettrovalvola che il contabilizzatore vengono installati in una cassetta di distribuzione posta sul pianerottolo (da dove partono e arrivano i tubi di mandata e di ritorno). I contabilizzatori calcolano il calore consumato dall'appartamento misurando la portata e la temperatura dell'acqua di mandata e la temperatura di quella di ritorno (contabilizzatori entalpici).

**COSTI**
È bene tenere in considerazione che l'installazione di un sistema di contabilizzazione del calore, specialmente in edifici esistenti, deve essere affidata a ditte specializzate che, prima di procedere, devono verificare l'adeguatezza della caldaia dei radiatori e della rete di distribuzione.
In linea generale si può dire che per un appartamento con 8-10 radiatori, in un immobile di 20 alloggi il costo dell'installazione di un sistema di contabilizzazione si aggira intorno ai 1.500,00-1.800,00 Euro ad appartamento. Il servizio di lettura e di ripartizione delle spese costa circa 5,00-6,00 Euro all'anno per ogni radiatore.

# PER ESSERE IN REGOLA...

**TEMPERATURA MASSIMA**
Durante la stagione di riscaldamento, la temperatura media degli ambienti delle abitazioni non deve superare i 20°C (con una tolleranza di 2°C).

**PERIODO E NUMERO DI ORE**
Il periodo dell'anno nel quale è consentito tenere in funzione gli impianti di riscaldamento e il numero massimo giornaliero di ore di accensione dipendono dal clima della località dov'è ubicato l'edificio.

L'Italia è stata suddivisa in 5 zone climatiche dalla A, la più calda, alla F, la più fredda in funzione del numero dei "Gradi Giorno": quanto più alto è il valore dei Gradi Giorno (GG) tanto più il clima è rigido. Ad esempio: nella zona climatica A si trovano poche località molto calde, come le isole di Salina e Lampedusa; Palermo e Reggio Calabria appartengono alla fascia B; Napoli, Bari, Imperia alla C; Roma, Firenze, Ancona alla D; in fascia E si trovano Milano, Torino, Venezia, L'Aquila; nella F solo località montane come Cortina D'Ampezzo e Abetone.
Per conoscere con esattezza in quale zona climatica è situato un immobile, e quindi in quale periodo dell'anno si possono accendere gli impianti di riscaldamento e per quante ore al giorno, basterà rivolgersi al Comune.

| | Gradi Giorno | Periodo di riscaldamento | Numero di ore massime giornaliere |
|---|---|---|---|
| **A** | inferiore a 600 | 1.12 - 15.3 | 6 |
| **B** | 601 - 900 | 1.12 - 31.3 | 8 |
| **C** | 901 - 1400 | 15.11 - 31.3 | 10 |
| **D** | 1401 - 2100 | 1.11 - 15.4 | 12 |
| **E** | 2101 - 3000 | 15.10 - 15.4 | 14 |
| **F** | superiore a 3000 | nessuna limitazione | nessuna limitazione |

In caso di condizioni atmosferiche eccezionalmente avverse, si possono accendere gli impianti di riscaldamento, anche al di fuori dei periodi previsti, per non oltre la metà delle ore massime giornaliere normalmente consentite: non è necessario richiedere alcuna autorizzazione.

**INTERRUZIONE NOTTURNA**
L'orario giornaliero di riscaldamento può essere frazionato in due o più periodi ma, comunemente, l'impianto dev'essere spento, di notte, tra le 23 e le 5.

In alcuni casi è possibile mantenere sempre acceso l'impianto. Le limitazioni alla durata giornaliera del riscaldamento, spesso causa di disaccordo tra i condomini, non si applicano, tra gli altri:
1. agli impianti a pannelli radianti (generalmente a pavimento);
2. agli impianti centralizzati dotati di una sonda di temperatura esterna e di un programmatore sigillato che regoli la temperatura interna almeno su due livelli: a 20° nelle ore previste dalla tabella precedente e a 16° per quelle eccedenti (attenuazione notturna);

3 agli impianti centralizzati in edifici dotati di un sistema di contabilizzazione del calore e di un programmatore per ogni appartamento mediante il quale si possa regolare la temperatura interna su almeno due livelli;

4 agli impianti individuali regolati da un programmatore con le caratteristiche del caso precedente

5 agli impianti condotti mediante contratti di servizio energia.

Nei casi 2, 3, e 4 inoltre, la caldaia deve avere un buon rendimento, non inferiore a valori limite prefissati per le caldaie di nuova installazione (vedi pag. 5).

## RESPONSABILITÀ

In passato, la gestione degli impianti di riscaldamento centralizzati era affidata all'Amministratore del condominio che, a sua volta, incaricava un tecnico o una ditta di fiducia. Per gli impianti individuali era il proprietario stesso, o l'affittuario, a spegnere e accendere, a regolare temperature ed orari, a decidere se e come fare la manutenzione.
Dall'entrata in vigore del D.P.R. n. 412 del 1993 la normativa è diventata molto più precisa attribuendo la responsabilità dell'esercizio e della manutenzione dell'impianto ad un unico soggetto.

Per gli impianti condominiali la responsabilità è dell'Amministratore; nel caso di impianti individuali, è di chi occupa l'alloggio a qualsiasi titolo, quindi non solo del proprietario ma, a seconda dei casi, dell'inquilino, dell'usufruttuario ecc.

Il responsabile deve conoscere quali sono gli adempimenti di carattere amministrativo e tecnico che regolano gli aspetti della sicurezza e del risparmio di energia e deve disporre affinché questi vengano rispettati.

## GLI ADEMPIMENTI

Cosa deve fare, in concreto, il responsabile di un impianto di riscaldamento?

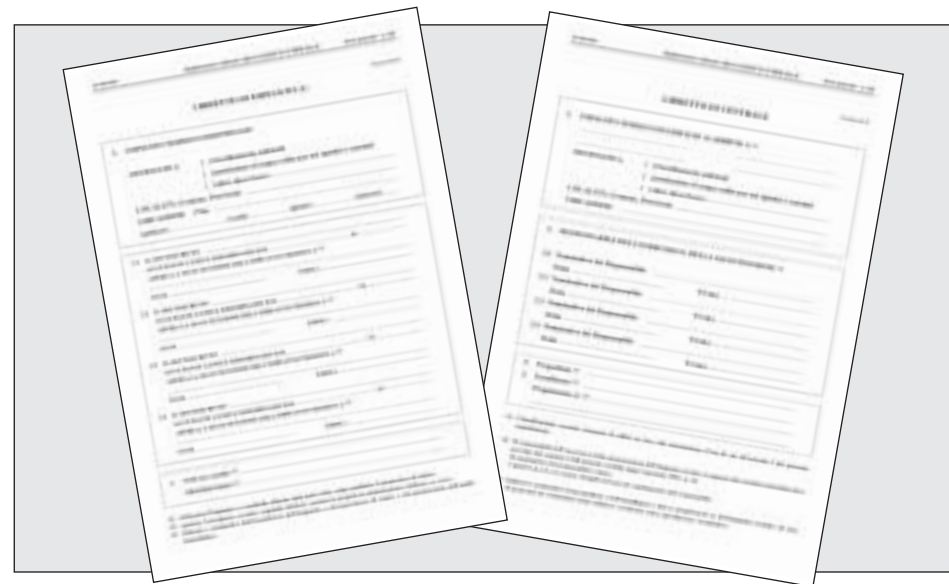
### Sicurezza

- Deve accertare che sia stata rilasciata la "dichiarazione di conformità" dell'impianto che ne attesti la rispondenza alle norme di sicurezza. Per gli impianti costruiti dopo il 13.3.90, questa dichiarazione deve essere stata rilasciata al proprietario dall'installatore.
  Per gli impianti più vecchi è necessario controllare che essi siano in regola avvalendosi, se necessario, dell'aiuto di un professionista. Questi, o lo stesso proprietario, compilerà una dichiarazione sostitutiva di conformità. Tutti gli impianti avrebbero dovuto essere adeguati entro il 31 dicembre 1998.
  L'accertamento della rispondenza alle norme di sicurezza deve, tra l'altro, riguardare l'integrità ed il corretto posizionamento dei tubi di adduzione del combustibile (metano, gasolio ecc...) e degli eventuali serbatoi, l'esistenza di un'adeguata apertura per l'ingresso dell'aria, che il camino non sia ostruito, ecc...

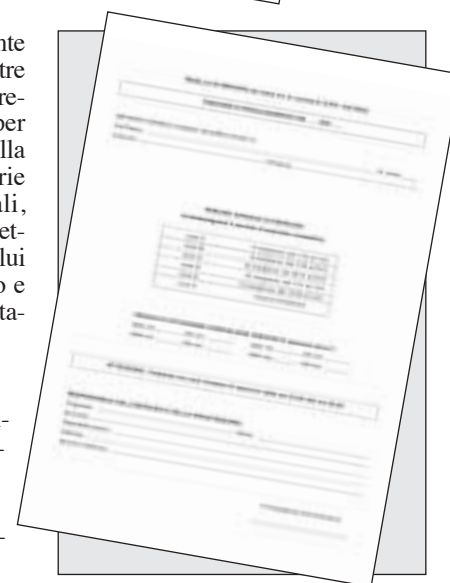
### Efficienza

- Deve mantenere la caldaia in buona efficienza per non sprecare energia e inquinare quanto meno possibile. A tale proposito deve fare in modo che sia effettuato un intervento di manutenzione almeno una volta all'anno e, con cadenze diverse in relazione alla potenza, la verifica strumentale delle prestazioni della caldaia (analisi dei fumi).

### Libretto di centrale o di impianto

- Deve compilare e conservare il libretto di centrale (per gli impianti di potenza superiore ai 35 kW), o il libretto di impianto (per quelli di potenza inferiore), una vera e propria carta di identità dell'impianto che contiene, oltre ai dati del proprietario, dell'installatore e del responsabile della manutenzione, la descrizione dei principali componenti dell'impianto, delle operazioni di manutenzione, delle verifiche strumentali e dei controlli effettuati da parte degli Enti Locali.

Questo libretto deve essere compilato inizialmente dall'installatore nel caso di caldaie nuove, mentre nel caso di impianti già esistenti dovrà essere preparato dal responsabile dell'impianto stesso, per esempio fotocopiando il modello pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale o acquistandolo nelle librerie specializzate. Nel caso di impianti individuali, quando l'occupante lascia l'appartamento, il libretto deve essere riconsegnato al proprietario o a colui che subentra nell'alloggio. Il libretto di impianto e di centrale deve essere conservato presso l'appartamento o l'edificio in cui è installato l'impianto.

### Tabella

- Deve esporre, nel caso di impianto termico centralizzato, una tabella con l'indicazione del periodo annuale di esercizio dell'impianto, dell'orario giornaliero di attivazione prescelto, delle generalità e domicilio del responsabile dell'esercizio e della manutenzione dell'impianto.

## IL TERZO RESPONSABILE

La legge prevede la possibilità di delegare la responsabilità dell'esercizio e della manutenzione dell'impianto ad un altro soggetto, il terzo responsabile, purché questi sia dotato di sufficienti competenze tecniche ed organizzative.
Il terzo responsabile deve essere, infatti, una ditta che possieda almeno l'abilitazione, rilasciata dalla Camera di Commercio o dall'Albo delle Imprese Artigiane, ai sensi della legge n. 46 del 1990.
Per gli impianti individuali, l'occupante dell'alloggio rimane responsabile del rispetto delle norme relative alle temperature interne dell'alloggio e ai periodi di accensione dell'impianto, anche se decide di affidare le altre responsabilità ad un terzo responsabile.

## DELEGA

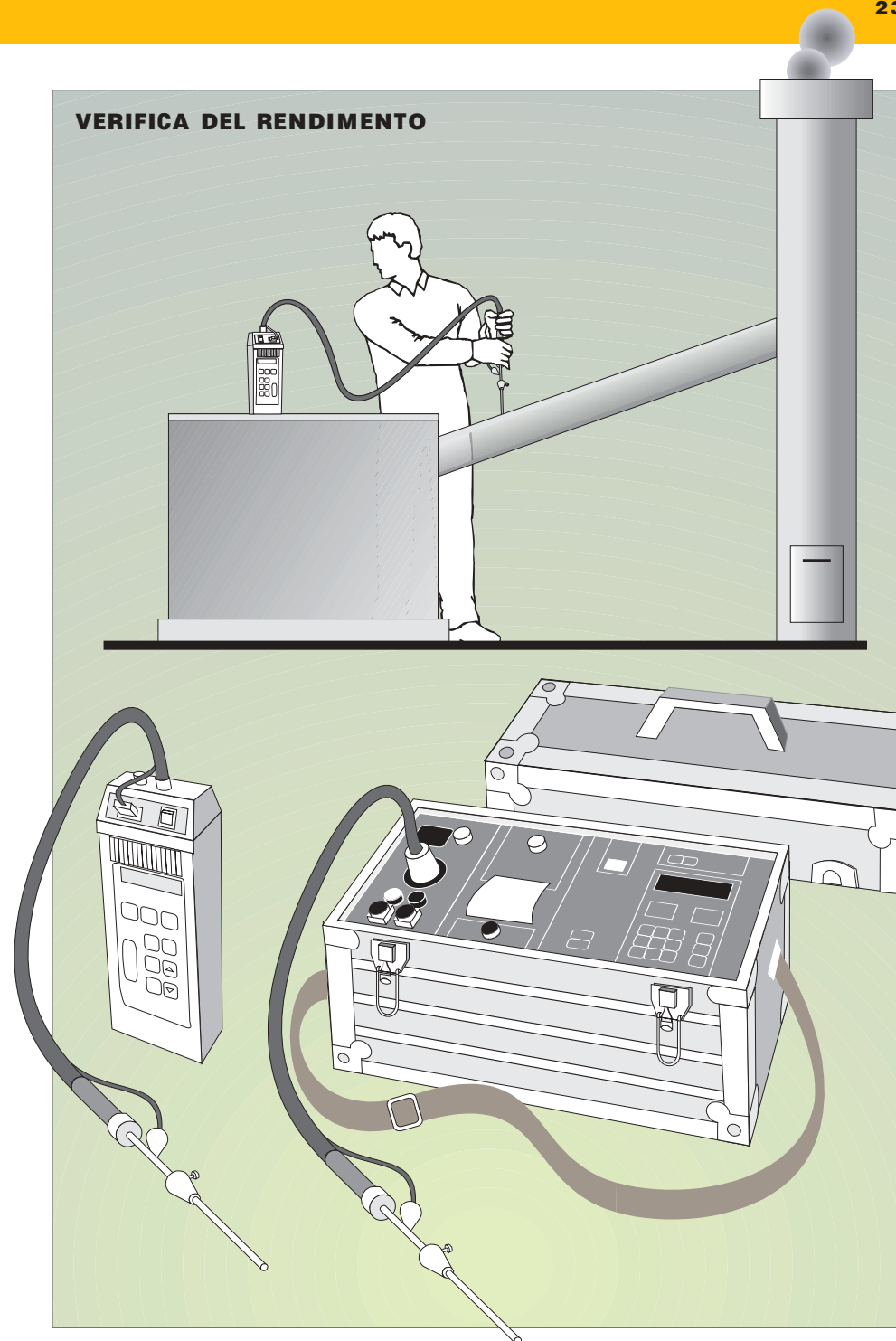
L'Amministratore o l'occupante dell'alloggio può quindi scegliere tra:

- delegare una ditta (almeno qualificata ai sensi della legge n. 46 del 1990) nominandola terzo responsabile dell'esercizio e della manutenzione dell'impianto; in questo caso è obbligatorio redarre e sottoscrivere, da parte del terzo responsabile, un atto di assunzione delle responsabilità e consegnarne copia all'amministratore o all'occupante l'alloggio; il terzo responsabile è tenuto a comunicare all'Ente Locale competente la propria nomina e anche le eventuali revoche o dimissioni dall'incarico;
- mantenere la responsabilità dell'impianto ed affidare ad una ditta (almeno qualificata ai sensi della legge n. 46 del 1990) il controllo la manutenzione e le verifiche strumentali periodiche. In questo caso l'amministratore o l'occupante dell'alloggio provvederà a riportare sul libretto di centrale (di impianto) i risultati delle verifiche eseguite dalla ditta.

| | Potenza della caldaia | Responsabile o terzo responsabile | Controllo e manutenzione | | Verifiche strumentali del rendimento di combustione | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | chi può farlo | chi può farla | quando | chi può farle | quando |
| INDIVIDUALI | inferiore a 35 kW | occupante<br>ditta abilitata L. 46/90 | ditta abilitata L. 46/90 | una volta l'anno | ditta abilitata L. 46/90 | ogni due anni |
| CENTRALIZZATI | da 36 kW a 350 kW | amministratore<br>ditta abilitata L. 46/90 | ditta abilitata L. 46/90 | una volta l'anno ** | ditta abilitata L. 46/90 | una volta all'anno |
| CENTRALIZZATI | superiore a 350 kW | amministratore<br>ditta abilitata L. 46/90* | ditta abilitata L. 46/90 | una volta l'anno** | ditta abilitata L. 46/90 | due volte all'anno |

* Per potenze superiori a 350 kW, il terzo responsabile deve possedere ulteriori requisiti.
** Salvo indicazioni diverse del costruttore dell'impianto o dei fabbricanti dei componenti dell'impianto.

## VERIFICA DEL RENDIMENTO

Le verifiche strumentali che la legge impone di fare periodicamente consistono nella misura della temperatura dei fumi che fuoriescono dalla caldaia, del loro contenuto di ossigeno o di anidride carbonica ($CO_2$), di monossido di carbonio (CO), di particelle incombuste.

I valori rilevati servono per calcolare il rendimento di combustione della caldaia, cioè il suo grado di efficienza.

È evidente che una caldaia poco efficiente spreca energia ed è per questo che sono stati fissati, in base alla potenza della caldaia, dei limiti minimi di rendimento.

Se il rendimento della caldaia, misurato con le analisi strumentali, scende al di sotto di tali limiti si deve intervenire con la manutenzione oppure, in ultima analisi, si deve procedere alla sostituzione della caldaia stessa.

A titolo di esempio nella tabella seguente sono riportati, in funzione della potenza della caldaia, i valori minimi del rendimento di combustione:

| | Potenza utile kW (kcal/h) | Potenza al focolare kW (kcal/h) | Caldaia installata prima del 29/10/93 | | Caldaia installata dopo del 29/10/93 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | acqua calda | aria calda | acqua calda | aria calda |
| INDIVIDUALI | 17,44 (15.000) | 19,30 (16.600) | 83,5 | 79,5 | 86,5 | 82,5 |
| | 23,20 (19.950) | 25,30 (21.760) | 83,7 | 79,7 | 86,7 | 82,7 |
| | 31,40 (27.000) | 34,77 (29.900) | 84,0 | 80,0 | 87,0 | 83,0 |
| CENTRALIZZATI | 44,19 (38.000) | 49,07 (42.200) | 84,3 | 80,3 | 87,3 | 83,3 |
| | 87,21 (75.000) | 96,86 (83.300) | 84,9 | 80,9 | 87,9 | 83,9 |
| | 208,95 (179.700) | 230,93 (198.600) | 85,4 | 81,6 | 88,6 | 84,6 |
| | 348,95 (300.100) | 383,95 (330.200) | 86,1 | 82,1 | 89,1 | 85,1 |
| | 400,00 (344.000) | 444,40 (512.180) | 86,2 | 82,2 | 89,2 | 85,2 |
| Per potenze superiori valgono i valori relativi a 400 kW. | | | | | | |

Le caldaie, che non rispondano ai valori minimi di rendimento neanche in seguito agli interventi di manutenzione, devono essere sostituite entro 300 giorni.



# CONTROLLO E MANUTENZIONE

Per sfruttare al meglio l'energia contenuta nel combustibile, per garantire la sicurezza e proteggere l'ambiente, l'impianto di riscaldamento deve essere ben tenuto e correttamente regolato.

Proprio per questo la legge impone che su tutti gli impianti, almeno una volta all'anno, venga effettuato un intervento di controllo e manutenzione eseguito secondo quanto richiesto dalle norme UNI e CEI e secondo le indicazioni fornite dal costruttore nel libretto di uso e manutenzione della caldaia.

**REQUISITI**

L'incaricato della manutenzione deve avere i requisiti di legge per poter intervenire sull'impianto e riparare tutti gli eventuali malfunzionamenti. Deve quindi essere una ditta abilitata ai sensi della legge n. 46 del 1990.

**OPERAZIONI**

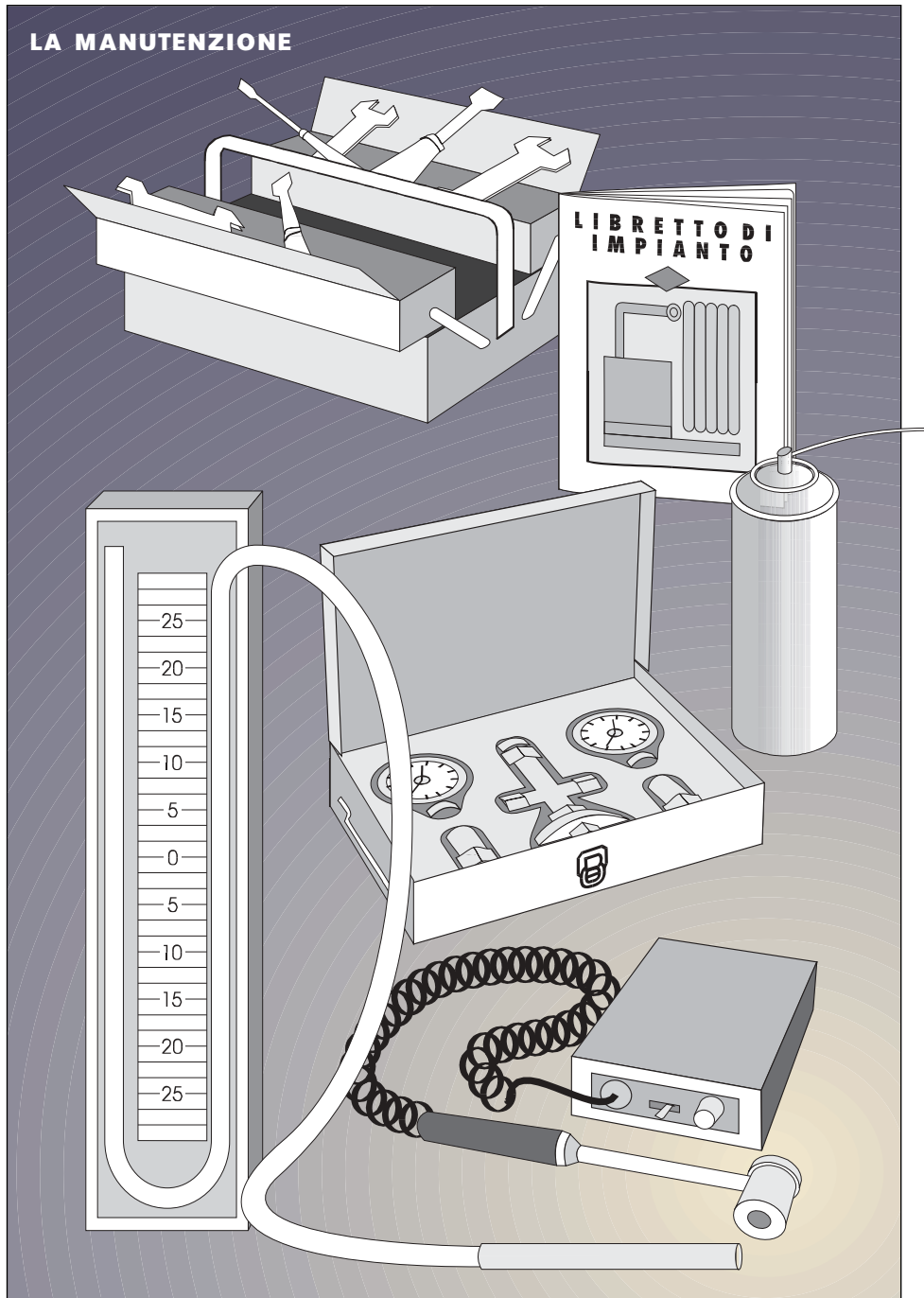
Il manutentore deve eseguire il controllo e la eventuale manutenzione dell'impianto (e non della sola caldaia) conformemente alle istruzioni tecniche fornite dal costruttore l'impianto, o in mancanza di queste, secondo le istruzioni dei fabbricanti i componenti dell'impianto termico e, se anche queste non disponibili, secondo le prescrizioni delle normative UNI e CEI vigenti.

La nuova normativa (D.P.R. 551/99) fornisce un modulo di rapporto di controllo tecnico (allegato H) nel quale sono riportate le principali operazioni che, almeno una volta l'anno, il manutentore deve compiere in mancanza di specifiche indicazioni.

Al termine dell'intervento, il manutentore deve compilare e sottoscrivere un rapporto che anche il responsabile dovrà sottoscrivere per ricevuta e conservarne copia insieme alla documentazione di impianto.

Nel caso di impianti autonomi questo rapporto di controllo e manutenzione, si identifica con l'allegato H al D.P.R. 551/99.

I principali riferimenti normativi sulle operazioni di manutenzione sono i seguenti:

- Impianti autonomi: UNI 7129, UNI 7131, UNI 10436;
- Impianti centralizzati: UNI 9317, UNI 8364, UNI 10435.

# CHI VERIFICA?

**LE PROVINCE**
I compiti di verifica sull'osservanza delle norme per il contenimento dei consumi energetici negli edifici sono stati affidati alle Province dal decreto legislativo "Bassanini" (D.L. 112/98).
Tuttavia, le leggi regionali attuative del decreto e i Piani Energetici Regionali, possono disporre diversamente, attribuendo le verifiche anche ai Comuni (se superano i 40.000 abitanti).
Per questo motivo, per ulteriori informazioni è opportuno rivolgersi presso l'ufficio competente della propria Provincia o del proprio Comune.

**L'ENEA**
Le ditte convenzionate con gli Enti locali ed incaricate dei controlli non possono, nel contempo svolgere la funzione di responsabili di impianto e devono essere tecnicamente idonee a svolgere il compito affidato.
L'ENEA svolge corsi di formazione per l'aggiornamento professionale di tali tecnici, e, su richiesta degli Enti locali ne accerta l'idoneità tecnica.

**DICHIARAZIONE**
L'impegno richiesto agli Enti Locali per questi controlli è sicuramente gravoso.
Pertanto la legge consente che, per gli impianti autonomi, sia possibile inviare all'ente locale competente il rapporto di controllo tecnico (allegato H) debitamente compilato.
In questo caso i controlli saranno effettuati con cadenza biennale solo ad un campione degli impianti corrispondenti ai rapporti di controllo pervenuti.
Saranno comunque controllati tutti gli impianti centralizzati e gli impianti autonomi di cui non sia pervenuto il rapporto di controllo tecnico.

**SANZIONI**
Le sanzioni a carico del responsabile dell'impianto che non rispetti il D.P.R. n. 412 del 1993 sono elevate: da 516-2.600,00 Euro.

# PER SAPERNE DI PIÚ... LE UNITÀ DI MISURA

Nel Sistema Internazionale (SI) l'unità di misura dell'energia è il joule (J); parlando di energia elettrica spesso si usa il kilowattora (kWh).
Il joule è una quantità molto piccola, più o meno l'energia che serve per portare una tazzina di caffè alla bocca. Per questo sono più usati i suoi multipli, il megajoule (MJ) che corrisponde ad un milione di joule, il gigajoule (GJ) che corrisponde ad un miliardo di joule.

Trattando di quantità molto grandi di energia come i consumi di una grande industria, di una città, di una nazione, viene spesso usato il tep (tonnellata equivalente di petrolio) cioé la quantità di energia ottenibile bruciando 1.000 kg di petrolio. Ad esempio, in Italia nel 1993 sono stati consumati complessivamente oltre 150 milioni di tep (Mtep), quasi 3 tep per ogni abitante.
Ogni tep equivale a 41,8 GJ e a 11,6 MWh.

Ogni combustibile è caratterizzato da un "potere calorifico", cioé dalla quantità di calore che si otterrebbe bruciandone completamente 1 kg oppure 1 m$^3$.
Ad esempio da 1 kg di gasolio si ottengono 42,7 MJ; da 1 m$^3$ di metano 34,54 MJ.

| POTERE CALORIFICO INFERIORE DI ALCUNI COMBUSTIBILI | | |
|---|---|---|
| **Metano** | 34.535 kJ/m$^3$ | 8.250 kcal/m$^3$ |
| **Gasolio** | 42.697 kJ/kg | 10.200 kcal/kg |
| **G.P.L.** | 46.046 kJ/kg | 11.000 kcal/kg |
| **Legna** | 16.744 kJ/kg | 4.200 kcal/kg |
| **Petrolio (kerosene)** | 43.116 kJ/kg | 10.300 kcal/kg |

La potenza si misura in watt (W) e nei suoi multipli: il kilowatt (1 kW = 1.000 W) il megawatt (1 MW = 1.000.000 W). Tuttavia molto spesso, parlando di potenza termica di caldaie si utilizzano ancora, impropriamente, le kilocalorie/ora (kcal/h).

Per trasformare le kilocalorie/ora in watt, basta moltiplicarle per 1,163. Ad esempio, una caldaia da 25.000 kcal/h è una caldaia da 25.000 x 1,163 = 29.000 W, cioè da 29 kW.

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ENERGIA** | **1 kWh** | **= 3,6 MJ** | **= 860 kcal** |
| | **1 tep** | **= 41,8 GJ** | **= 10 Mkcal** |
| **POTENZA** | **1 kW** | **= 1 kJ/sec** | **= 860 kcal/h** |
| | **1 kcal/h** | **= 41,8 GJ** | **= 10 Mkcal** |

**L'ENEA** pubblica altri opuscoli sulle scelte più convenienti che tutti noi possiamo adottare per risparmiare energia e proteggere l'ambiente.
Potete richiedere gratuitamente gli opuscoli che vi interessano a:

**ENEA - Unità RES RELPROM**
**Lungotevere Thaon di Revel, 76 - 000196 Roma**
**Fax 0636272288**

## RICERCA E INNOVAZIONE PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE DEL PAESE

L'ENEA è un ente di diritto pubblico operante nei campi della ricerca e dell'innovazione per lo sviluppo sostenibile, finalizzata a promuovere insieme gli obiettivi di sviluppo, competitività e occupazione e quello della salvaguardia ambientale.
Svolge altresì funzioni di agenzia per le pubbliche amministrazioni mediante la prestazione di servizi avanzati nei settori dell'energia, dell'ambiente e dell'innovazione tecnologica.
In particolare l'Ente:

- svolge, sviluppa, valorizza e promuove la ricerca in tema di energia, ambiente e innovazione tecnologica nel quadro dei programmi di ricerca nazionali, dell'Unione Europea e di altre organizzazioni internazionali;
- sostiene e favorisce i processi di innovazione e di trasferimento tecnologico al sistema produttivo e alle pubbliche amministrazioni;
- fornisce supporto tecnico specialistico ed organizzativo alle amministrazioni, alle regioni e agli enti locali, nell'ambito di accordi di programma con i Ministeri dell'Industria, dell'Ambiente e dell'Università e della Ricerca Scientifica e con altre amministrazioni pubbliche.

L'Ente ha circa **3.600 dipendenti** che operano in Centri di Ricerca distribuiti su tutto il territorio nazionale.
Nelle diverse regioni sono anche presenti **13 Centri di Consulenza Energetica Integrata** per la promozione e la diffusione degli usi efficienti dell'energia nei settori industriale, civile e dei trasporti.

## CENTRI DI CONSULENZA ENERGETICA INTEGRATA (C.C.E.I.)

**VENETO**
C.C.E.I. ENEA
Calle delle Ostreghe, 2434
C.P. 703
30124 VENEZIA
Tel. 0415226887
Fax 0415209100

**LIGURIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Serra, 6
16122 GENOVA
Tel. 010567141
Fax 010567148

**TOSCANA**
C.C.E.I. ENEA
Via Ponte alle Mosse, 61
50144 FIRENZE
Tel. 0553241227
Fax 055350491

**MARCHE**
C.C.E.I. ENEA
V.le della Vittoria, 52
60123 ANCONA
Tel. 07132773
Fax 07133264

**UMBRIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Angeloni, 49
06100 PERUGIA
Tel. 0755000043
Fax 0755006389

**LAZIO**
ENEA Divisione PROM
C.R. Casaccia
Via Anguillarese, 301
00060 ROMA
Tel. 0630483245
Fax 0630483930

**ABRUZZO**
C.C.E.I. ENEA
Via N. Fabrizi, 215/15
65122 PESCARA
Tel. 0854216332
Fax 0854216362

**MOLISE**
C.C.E.I. ENEA
Via Mazzini, 84
86100 CAMPOBASSO
Tel. 0874481072
Fax 087464607

**CAMPANIA**
C.C.E.I. ENEA
Via della Costituzione
Isola A/3
80143 NAPOLI
Tel. 081691111
Fax 0815625232

**PUGLIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Roberto da Bari, 119
70122 BARI
Tel. 0805248213
Fax 0805213898

**BASILICATA**
C.C.E.I. ENEA
C/o SEREA
Via D. Di Giura, s.n.c.
85100 POTENZA
Tel. 097146088
Fax 097146090

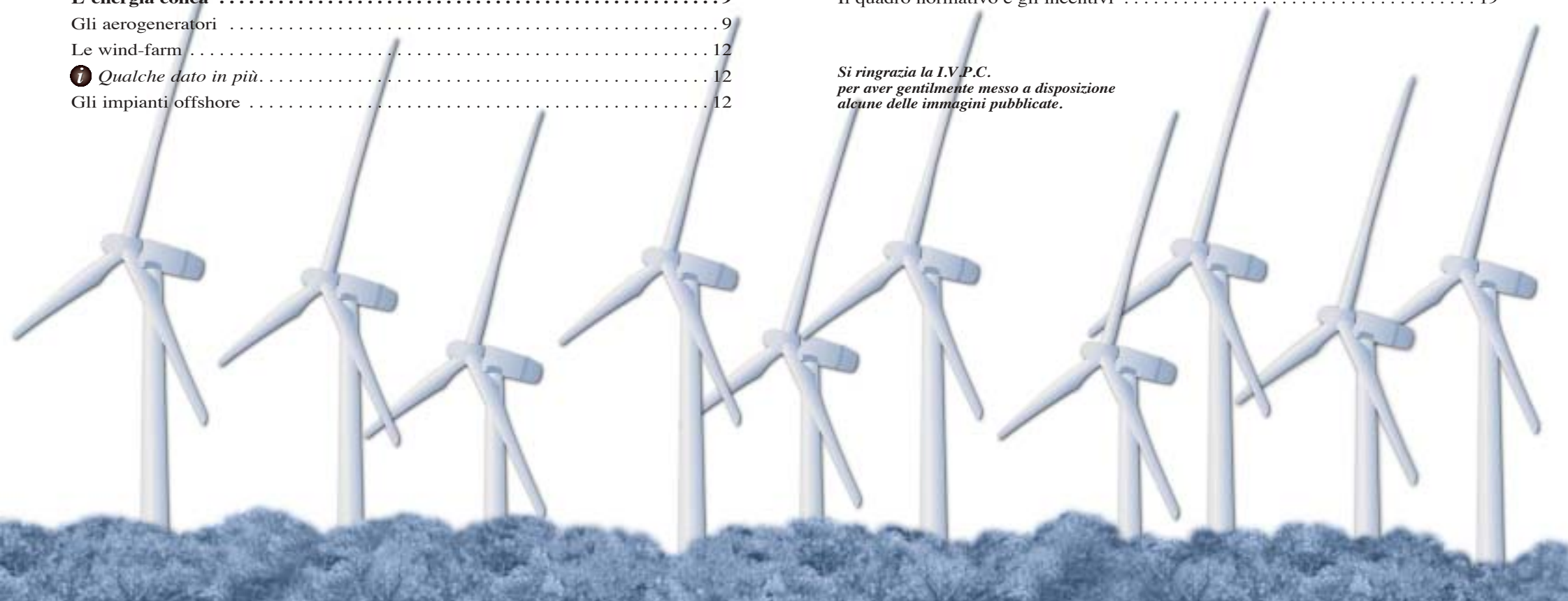
**CALABRIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Argine Destra
Annunziata, 87
89100 REGGIO CALABRIA
Tel. 096545028
Fax 096545104

**SICILIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Catania, 2
90143 PALERMO
Tel. 0917824120
Fax 091300703

ENEA

# sommario



***Si ringrazia la I.V.P.C.***
***per aver gentilmente messo a disposizione***
***alcune delle immagini pubblicate.***

# PERCHÉ QUESTO OPUSCOLO

L'ENEA, con questo opuscolo, vuole dare informazioni:

- Sulle caratteristiche che fanno delle fonti rinnovabili di energia uno strumento adatto a fronteggiare i diversi problemi ambientali;
- Sull'impiego dell'energia eolica, presentandone la tecnologia, l'impatto ambientale e la sua diffusione a livello nazionale e internazionale.

# L'ENERGIA E L'AMBIENTE

Oggi, oltre l'80% dell'energia utilizzata nel mondo viene prodotta bruciando combustibili fossili, quali petrolio, carbone e metano. È ormai accertato che proprio negli impianti in cui si utilizzano combustibili fossili si generano quei gas inquinanti che, una volta immessi nell'atmosfera, danneggiano l'ambiente.

**LE FONTI ENERGETICHE NEL MONDO**

| | |
|---|---|
| **Petrolio** | **38%** |
| **Carbone** | **24%** |
| **Gas** | **20%** |
| **Nucleare** | **6%** |
| **Idraulica** | **2%** |
| **Biomassa** (legno, ecc.) | **8%** |
| **Nuove rinnovabili** (eolico, solare, ecc.) | **2%** |

Negli ultimi anni molto è stato fatto, anche a livello politico, per fronteggiare i diversi problemi ambientali: dall'impegno a perseguire un modello di sviluppo sostenibile alla ricerca degli strumenti più adeguati per conciliare la crescente domanda di energia, e quindi il crescente consumo di combustibili fossili, con la salvaguardia dell'ambiente.

***Perché lo sviluppo sostenibile***

*Lo sviluppo economico e l'aumento dei consumi che si sono avuti nel XX secolo, se da una parte hanno portato benessere per larghi strati della popolazione, dall'altra hanno creato pressioni sull'ambiente.*
*Problemi quali il deterioramento delle risorse, la perdita della biodiversità, la produzione di rifiuti, l'inquinamento prodotto dall'impiego dei combustibili fossili dimostrano che la questione ambientale ha una dimensione planetaria.*
*Ed è proprio per garantire la sopravvivenza del pianeta, assieme alla necessità di assicurare un più equo sviluppo sociale ed economico, che gli stati si sono impegnati a perseguire un modello di sviluppo sostenibile. Uno sviluppo, cioè, in grado di soddisfare i bisogni delle generazioni presenti senza compromettere la possibilità alle generazioni future di soddisfare i loro.*

***Il protocollo di Kyoto***

*Autoveicoli, impianti di riscaldamento, centrali termoelettriche, inceneritori e industrie, emettono nell'atmosfera elevate quantità di gas inquinanti. Si generano così fenomeni come lo smog fotochimico e le piogge acide che interessano le città e le zone industriali, e fenomeni che invece si ripercuotono su tutto il pianeta come l'aumento dell'effetto serra e i possibili cambiamenti climatici.*
*Per fronteggiare i possibili cambiamenti climatici dovuti all'aumento dell'effetto serra, nel 1997, i paesi industrializzati responsabili di oltre il 70% delle emissioni di gas serra, hanno definito un protocollo, il protocollo di Kyoto, che stabilisce tempi ed entità della riduzione delle emissioni di gas serra e individua esplicitamente le politiche e le azioni operative che si dovranno sviluppare.*

***Percentuale di riduzione di gas serra entro il 2012 rispetto ai livelli del 1990***

| | |
|---|---|
| ***Mondo*** | ***5,2%*** |
| ***Unione Europea*** | ***8%*** |
| ***Russia*** | ***0%*** |
| ***Stati Uniti*** | ***7%*** |
| ***Giappone*** | ***6%*** |
| ***Italia*** | ***6,5%*** |
| ***Paesi in via di sviluppo*** | ***nessuna limitazione*** |

***I gas di cui bisogna ridurre le emissioni sono:***

- *l'anidride carbonica, prodotta dall'impiego dei combustibili fossili in tutte le attività generiche industriali, oltreché nei trasporti;*
- *il protossido di azoto, gli idrofluorocarburi, i perfluorocarburi e l'esafloruro di zolfo impiegati nelle industrie chimiche manifatturiere;*
- *il metano, prodotto dalle discariche dei rifiuti, dagli allevamenti zootecnici e dalle coltivazioni di riso.*

***Le politiche e le azioni operative che si dovranno sviluppare per ridurre le emissioni sono:***

- *migliorare l'efficienza tecnologica e ridurre i consumi energetici nel settore termoelettrico, nel settore dei trasporti e in quello abitativo e industriale;*
- *promuovere azioni di riforestazione per incrementare le capacità del pianeta di assorbimento dei gas serra;*
- *promuovere forme di gestione sostenibile di produzione agricola;*
- *incentivare la ricerca, lo sviluppo e l'uso di nuove fonti di energie rinnovabili;*
- *limitare e ridurre le emissioni di metano dalle discariche di rifiuti e dagli altri settori energetici;*
- *applicare misure fiscali appropriate per disincentivare le emissioni di gas serra.*

Uno degli strumenti individuati per realizzare questo obiettivo è l'uso più esteso delle fonti rinnovabili di energia, in quanto sono in grado di garantire un impatto ambientale più contenuto di quello prodotto dalle fonti fossili.

Tra le fonti rinnovabili, l'impiego dell'energia eolica per la produzione di energia elettrica è ormai una realtà consolidata, e rappresenta un caso di successo tra le nuove fonti rinnovabili.

# LE FONTI RINNOVABILI DI ENERGIA

Le fonti "rinnovabili" di energia sono quelle fonti che, a differenza dei combustibili fossili e nucleari destinati ad esaurirsi in un tempo definito, possono essere considerate inesauribili.

Sono fonti rinnovabili di energia l'energia solare e quelle che da essa derivano: l'energia idraulica, del vento, delle biomasse, delle onde e delle correnti, ma anche l'energia geotermica, l'energia dissipata sulle coste dalle maree e i rifiuti industriali e urbani.

Con opportune tecnologie è possibile convertire queste fonti in energia termica, elettrica, meccanica o chimica.

### LE CARATTERISTICHE

Le fonti rinnovabili di energia possiedono due caratteristiche fondamentali che rendono auspicabile un loro maggior impiego.
La prima consiste nel fatto che esse rinnovano la loro disponibilità in tempi estremamente brevi: si va dalla disponibilità continua nel caso dell'uso dell'energia solare, ad alcuni anni nel caso delle biomasse.
L'altra è che, a differenza dei combustibili fossili, il loro utilizzo produce un inquinamento ambientale del tutto trascurabile.

Esistono comunque alcuni limiti che ne ostacolano il pieno impiego.
Le fonti rinnovabili, e tra esse soprattutto l'eolico e il solare, forniscono energia in modo intermittente. Questo significa che il loro utilizzo può contribuire a ridurre i consumi di combustibile nelle centrali convenzionali, ma non può sostituirle completamente.
Inoltre, per produrre quantità significative di energia, spesso è necessario impegnare rilevanti estensioni di territorio. Tuttavia va ricordato che ciò non provoca effetti irreversibili sull'ambiente e che il ripristino delle aree utilizzate non ha costi eccessivi.

### PERCHÉ LE FONTI RINNOVABILI

Il bisogno di trovare rapidamente fonti di energia alternative ai combustibili fossili nasque in seguito alla crisi economica del 1973, quando i Paesi arabi produttori di petrolio aumentarono improvvisamente il suo prezzo; di conseguenza aumentò il prezzo della benzina, dei combustibili per il riscaldamento e dell'energia elettrica.
Contemporaneamente nel mondo della ricerca crebbe la consapevolezza della esauribilità dei combustibili fossili.



Fu allora che per la prima volta si diffusero i termini di risorse "alternative" e "rinnovabili"; alternative all'idea che l'energia potesse prodursi solo facendo bruciare qualcosa, e rinnovabili nel senso che, almeno virtualmente, non si potessero mai esaurire.

Oggi, l'utilizzo delle fonti rinnovabili di energia è ormai una realtà consolidata e il loro impiego per la produzione di energia è in continuo aumento.
Questo è reso possibile non solo dal continuo sviluppo tecnologico, ma soprattutto perché gli Stati hanno attribuito a tali fonti un ruolo sempre più strategico nelle scelte di politica energetica, sia nel tentativo di ridurre la dipendenza economica e politica dai paesi fornitori di combustibili fossili, sia per far fronte alla loro esauribilità e alle diverse emergenze ambientali.
Un ulteriore incentivo all'impiego delle fonti rinnovabili viene dalle ricadute occupazionali, soprattutto a livello locale, legate alla produzione di energia con fonti disponibili sul territorio nazionale.

### IL CONTRIBUTO DELLE FONTI RINNOVABILI NEL MONDO

Nel 1996 le fonti rinnovabili hanno contribuito per circa il 17% al soddisfacimento del fabbisogno di energia elettrica mondiale; nell'Unione Europea il dato scende a circa il 6%, mentre in Italia se si includono i grandi impianti idroelettrici è di circa il 20%.

**IL CONTRIBUTO DELLE DIVERSE FONTI ALLA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA NEL MONDO**

| Fonte | % |
|---|---|
| Carbone | 40% |
| Petrolio | 10% |
| Gas naturale | 15% |
| Nucleare | 18% |
| Fonti rinnovabili | 17% |

### IL CONTRIBUTO DELLE FONTI RINNOVABILI IN ITALIA

Il fabbisogno energetico nazionale è di circa 173 Mtep/anno. Di questo, oltre l'80% viene soddisfatto con fonti fossili importate.
Il contributo delle fonti rinnovabili, se si escludono i grandi impianti idroelettrici, è del 7,4%, pari a circa 12,8 Mtep di cui: 9,5 Mtep sono prodotti dai piccoli impianti idroelettrici, 1 Mtep da impianti geotermici e circa 2,15 Mtep dall'uso domestico delle biomasse per la produzione di calore, mentre, rispetto al potenziale sfruttabile e allo stato dell'arte a livello internazionale, è ancora trascurabile il ricorso alle altre fonti rinnovabili (solare, eolico, biocombustibili, rifiuti, ecc.).

**IL CONTRIBUTO DELLE FONTI RINNOVABILI IN ITALIA**
**20%=34,3 Mtep**

| Fonte | Mtep |
|---|---|
| Grande idroelettrico | 21,6 Mtep |
| Piccolo idroelettrico | 9,5 Mtep |
| Geotermia | 1 Mtep |
| Biomasse | 2,15 Mtep |

### LE POLITICHE A SOSTEGNO DELLO SVILUPPO E DIFFUSIONE DELLE FONTI RINNOVABILI

Ricordiamo di seguito le iniziative e i provvedimenti presi negli ultimi anni, sia a livello nazionale che internazionale, che mirano a incentivare lo sviluppo e la diffusione delle fonti rinnovabili:

- Il Libro Bianco "Una Politica Energetica per l'Unione Europea" (gennaio 1996), che identifica come obiettivi chiave del settore energetico la competitività, la sicurezza dell'approvvigionamento e la protezione dell'ambiente, e che indica come un importante fattore per conseguire tali scopi la promozione delle fonti rinnovabili di energia.

- La delibera CIPE3 (3 dicembre 1997), con cui l'Italia ha ratificato gli impegni di Kyoto assegnando un significativo ruolo alle fonti rinnovabili per ridurre le emissioni di gas serra, e impegnandosi a raddoppiare, entro il 2010, il contributo delle fonti rinnovabili di energia per il soddisfacimento dei fabbisogni energetici nazionali.

### IL RUOLO DELLA RICERCA E DELL'ENEA

Per garantire un maggior impiego delle fonti rinnovabili è importante incentivare anche la ricerca e lo sviluppo tecnologico.

In questi settori sono presenti numerosi operatori, tra cui l'ENEA, che hanno conseguito importanti risultati, rendendo disponibili nuove tecnologie di sfruttamento, trasformazione e utilizzo dell'energia, sia essa prodotta da fonti fossili che da fonti rinnovabili.

Lo scopo, naturalmente, è quello di far si che il paese disponga di un sistema energetico diversificato, economicamente sostenibile e a basso impatto ambientale.

**L'ENEA in questo ambito:**

- **svolge e promuove attività di ricerca;**
- **favorisce i processi di innovazione tecnologica nelle industrie e nelle pubbliche amministrazioni;**
- **fornisce supporto tecnico e organizzativo alle pubbliche amministrazioni;**
- **svolge e supporta campagne di sensibilizzazione rivolte ai cittadini, per diffondere nuove tecnologie e per promuovere modelli di consumo alternativi.**

# L'ENERGIA EOLICA

**L'energia eolica è l'energia posseduta dal vento.**
L'uomo ha impiegato la sua forza sin dall'antichità, per navigare e per muovere le pale dei mulini utilizzati per macinare i cereali, per spremere olive o per pompare l'acqua.
Solo da pochi decenni l'energia eolica viene impiegata per produrre elettricità. I moderni mulini a vento sono chiamati aerogeneratori.

Il principio di funzionamento degli aerogeneratori è lo stesso dei mulini a vento: il vento che spinge le pale. Ma nel caso degli aerogeneratori il movimento di rotazione delle pale viene trasmesso ad un generatore che produce elettricità.

### GLI AEROGENERATORI

Esistono aerogeneratori diversi per forma e dimensione. Possono, infatti, avere una, due o tre pale di varie lunghezze: quelli con pale lunghe 50 centimetri vengono utilizzati come caricabatterie, quelli con pale lunghe circa 30 metri, sono in grado di erogare una potenza di 1.500 kW, riuscendo a soddisfare il fabbisogno elettrico giornaliero di circa 1.000 famiglie.

Il tipo più diffuso è l'aerogeneratore di taglia media, alto oltre 50 metri, con due o tre pale lunghe circa 20 metri. Questo tipo di aerogeneratore è in grado di erogare una potenza di 500-600 kW e soddisfa il fabbisogno elettrico giornaliero di circa 500 famiglie.

**AEROGENERATORE**

## Il rotore

Il rotore è costituito da un mozzo su cui sono fissate le pale . Le pale più utilizzate sono realizzate in fibra di vetro.
I rotori a due pale sono meno costosi e girano a velocità più elevate. Sono però più rumorosi e vibrano di più di quelli a tre pale. Tra i due la resa energetica è quasi equivalente.
Sono stati realizzati anche rotori con una sola pala, equilibrata da un contrappeso.
A parità di condizioni, questi rotori sono ancor più veloci dei bipala, ma hanno rese energetiche leggermente inferiori.
Ci sono anche rotori con numerose pale, di solito 24, che vengono impiegati per l'azionamento diretto di macchine, come le pompe.
Sono stati messi a punto dei rotori con pale "mobili". Variando l'inclinazione delle pale al variare della velocità del vento è possibile mantenere costante la quantità di elettricità prodotta dall'aerogeneratore.

## Il sistema frenante

È costituito da due sistemi indipendenti di arresto delle pale: un sistema di frenaggio aerodinamico e uno meccanico.
Il primo viene utilizzato per controllare la potenza dell'aerogeneratore, come freno di emergenza in caso si sovravelocità del vento e per arrestare il rotore.
Il secondo viene utilizzato per completare l'arresto del rotore e come freno di stazionamento.

## La torre e le fondamenta

La torre sostiene la navicella e il rotore, può essere a forma tubolare o a traliccio. In genere è costruita in legno, in cemento armato, in acciaio o con fibre sintetiche.
La struttura dell'aerogeneratore per poter resistere alle oscillazioni ed alle vibrazioni causate dalla pressione del vento deve essere ancorata al terreno mediante fondamenta.
Le fondamenta molto spesso sono completamente interrate e costruite con cemento armato.

## Il moltiplicatore di giri

Il moltiplicatore di giri serve per trasformare la rotazione lenta delle pale in una rotazione più veloce in grado di far funzionare il generatore di elettricità.

## Il generatore

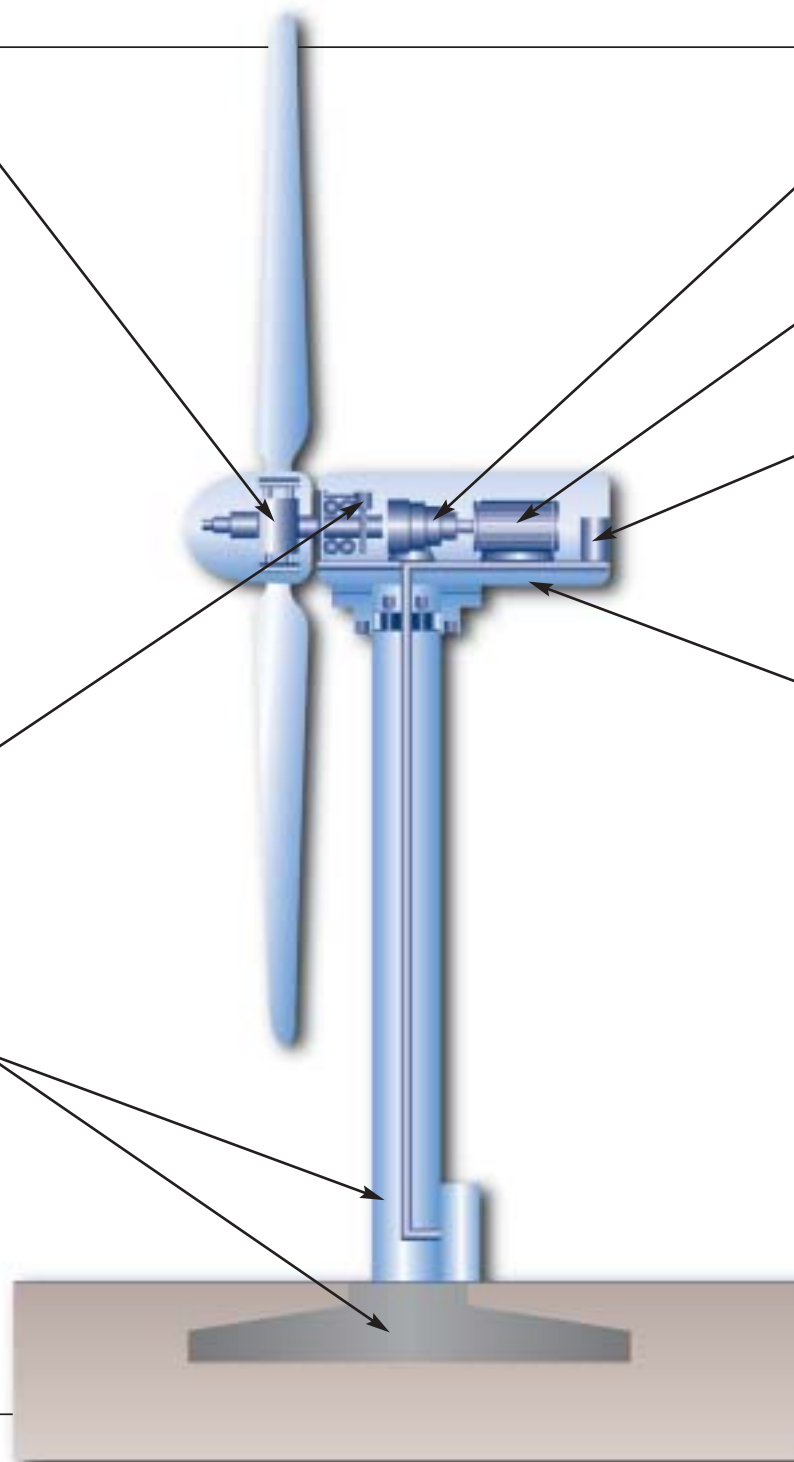
Il generatore trasforma l'energia meccanica in energia elettrica. La potenza del generatore viene indicata in chilowatt (kW).

## Il sistema di controllo

Il funzionamento di un aerogeneratore è gestito da un sistema di controllo che svolge due diverse funzioni. Gestisce, automaticamente e non, l'aerogeneratore nelle diverse operazioni di lavoro e aziona il dispositivo di sicurezza che blocca il funzionamento dell'aerogeneratore in caso di malfunzionamento e di sovraccarico dovuto ad eccessiva velocità del vento.

## La navicella e il sistema di imbardata

La navicella è una cabina in cui sono ubicati tutti i componenti di un aerogeneratore, ad eccezione, naturalmente, del rotore e del mozzo.
La navicella è posizionata sulla cima della torre e può girare di 180° sul proprio asse.

Per assicurare sempre il massimo rendimento dell'aerogeneratore è importante mantenere un allineamento più continuo possibile tra l'asse del rotore e la direzione del vento.
Negli aerogeneratori di media e grossa taglia, l'allineamento è garantito da un servomeccanismo, detto sistema di imbardata, mentre nei piccoli aerogeneratori è sufficiente l'impiego di una pinna direzionale.
Nel sistema di imbardata un sensore, la banderuola, indica lo scostamento dell'asse della direzione del vento e aziona un motore che riallinea la navicella.

### LE WIND-FARM

Più aerogeneratori collegati insieme formano le wind-farm, "fattorie del vento", che sono delle vere e proprie centrali elettriche.

Nelle wind-farm la distanza tra gli aerogeneratori non è casuale, ma viene calcolata per evitare interferenze reciproche che potrebbero causare cadute di produzione.
Di regola gli aerogeneratori vengono situati ad una distanza di almeno cinque-dieci volte il diametro delle pale.
Nel caso di un aerogeneratore medio, con pale lunghe circa 20 metri, questo significa istallarne uno ogni 200 metri circa.

#### *Qualche dato in più*

*Una fattoria del vento, ad esempio, costituita da 30 aerogeneratori da 300 kW l'uno in una zona con venti dalla velocità media di 25 chilometri orari, può produrre 20 milioni di kWh all'anno. Vale a dire quanto basterebbe a soddisfare le esigenze di circa 7.000 famiglie.*
*Per raggiungere lo stesso risultato con una centrale a carbone si libererebbero nell'aria ben 22 mila tonnellate di anidride carbonica, 125 tonnellate di anidride solforosa e 43 tonnellate di ossido di azoto.*

### GLI IMPIANTI OFFSHORE

Sono le wind-farm costruite in mare. Rappresentano un'utile soluzione per quei paesi densamente popolati e con forte impegno del territorio che si trovano vicino al mare.



La tecnologia degli aerogeneratori da utilizzare in siti offshore è in pieno sviluppo: a livello commerciale esistono macchine da 1 MW ed esistono prototipi da circa 3 MW.

Secondo alcune stime, gli impianti eolici nei mari europei protrebbero fornire oltre il 20% del fabbisogno elettrico dei paesi costieri.

Attualmente in Europa sono operative 5 centrali costruite in Olanda, Svezia e Danimarca con una potenza totale di 30 MW. In Italia non esiste ancora alcun impianto offshore, ma è stato calcolato un potenziale sfruttabile di 3.000 MW, pari a quello sulla terraferma, in grado di soddisfare il 4% degli attuali consumi di elettricità.

## DOVE INSTALLARE UN IMPIANTO EOLICO

Per produrre energia elettrica in quantità sufficiente è necessario che il luogo dove si installa l'aerogeneratore sia molto ventoso.

Per determinare l'energia eolica potenzialmente sfruttabile in una data zona bisogna conoscere la conformazione del terreno e l'andamento nel tempo della direzione e della velocità del vento.

#### *Come si forma il vento*

*La terra cede all'atmosfera il calore ricevuto dal sole, ma non lo fa in modo uniforme. Nelle zone in cui viene ceduto meno calore la pressione dei gas atmosferici aumenta, mentre dove viene ceduto più calore, l'aria diventa calda e la pressione dei gas diminuisce. Si formano così aree di alta pressione e aree di bassa pressione, influenzate anche dalla rotazione della terra.*
*Quando diverse masse d'aria vengono a contatto, la zona dove la pressione è maggiore tende a trasferire aria dove la pressione è minore. Succede la stessa cosa quando lasciamo sgonfiare un palloncino. L'alta pressione all'interno del palloncino tende a trasferire l'aria verso l'esterno, dove la pressione è più bassa, dando luogo a un piccolo flusso.*
*Il vento è dunque lo spostamento d'aria, più o meno veloce, tra zone di diversa pressione. E tanto più alta è la differenza di pressione, tanto più veloce sarà lo spostamento d'aria, tanto più forte sarà il vento.*

**LA CONFORMAZIONE DEL TERRENO**

La conformazione di un terreno influenza la velocità del vento. Infatti, il suo valore dipende, oltre che dai parametri atmosferici, anche dalla conformazione del terreno.

Più un terreno è rugoso, cioè presenta variazioni brusche di pendenza, boschi, edifici e montagne, più il vento incontrerà ostacoli che ridurranno la sua velocità.

***Le classi di rugosità***

*Per definire la conformazione di un terreno sono state individuate quattro classi di rugosità:*

***Classe di rugosità 0:*** *suolo piatto come il mare, la spiaggia e le distese nevose.*

***Classe di rugosità 1:*** *suolo aperto come terreni non coltivati con vegetazione bassa e aeroporti.*

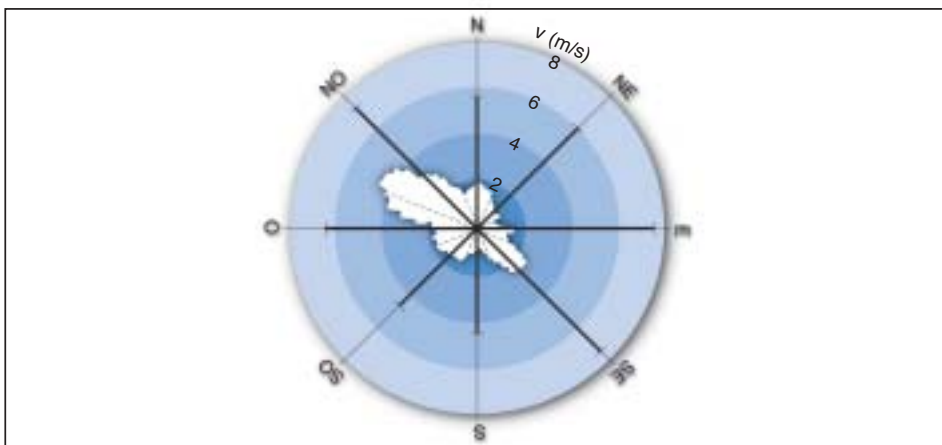
***Classe di rugosità 2:*** *aree agricole con rari edifici e pochi alberi.*

***Classe di rugosità 3:*** *suolo rugoso in cui vi sono molte variazioni di pendenza del terreno, boschi e paesi.*

In generale la posizione ideale di un aerogeneratore è in un terreno appartenente ad una bassa classe di rugosità e che presenta una pendenza compresa tra i 6 e i 16 gradi.

Il vento deve superare la velocità di almeno 5,5 metri al secondo e deve soffiare in modo costante per gran parte dell'anno. Mentre i migliori siti eolici offshore sono quelli con venti che superano la velocità di 7-8 metri al secondo, che hanno bassi fondali (da 5 a 40 metri) e che sono situati ad oltre 3 chilometri dalla costa.

**COME SI MISURA IL VENTO**

Tutti abbiamo potuto sperimentare che il vento non è costante, cambia di forza e di direzione. Per classificare il vento in base alla sua direzione si usa definirlo col luogo da cui proviene. A volte si prende spunto dalla provenienza geografica - Greco, Libeccio se viene dalla Libia, Scirocco se viene dalla Siria -, altre, come nella "Rosa dei venti", viene indicato con i punti cardinali - vento di Nord-Est, vento di Sud-Ovest -.

La forza del vento può essere indicata o con la misura della sua velocità, e cioè in nodi, che corrispondono alle miglia orarie (**1 nodo = 1 miglio orario = 1,85 chilometri orari**), o attraverso la scala proposta da Francis Beaufort.

***La scala "Beaufort"***

*Francis Beaufort fu un ammiraglio inglese vissuto nei primi anni dell'ottocento. Egli per classificare la forza del vento ideò una scala da zero a dodici, crescente a seconda della velocità del vento, dell'altezza delle onde marine e degli effetti prodotti.*

*Un vento di forza zero, viene definito da Beaufort "Calma", e corrisponde alla descrizione di questi effetti: "il vento non sposta il fumo che esce dai camini; mare calmo".*

*Il vento di forza dodici, il massimo grado della scala, è invece chiamato "Uragano" e definito così: "Provoca devastazioni gravissime; case seriamente danneggiate o distrutte; onde alte fino a 14 metri".*

# LE WIND-FARM E L'AMBIENTE

L'energia eolica è una fonte rinnovabile e pulita. I possibili effetti indesiderati degli impianti hanno luogo solo su scala locale e sono: l'occupazione del territorio, l'impatto visivo, il rumore, gli effetti sulla flora e la fauna e le interferenze sulle telecomunicazioni.

### OCCUPAZIONE DEL TERRITORIO

Gli aerogeneratori e le opere a supporto (cabine elettriche, strade) occupano solamente il 2-3% del territorio necessario per la costruzione di un impianto. È importante notare che nelle wind-farm, a differenza delle centrali elettriche convenzionali, la parte del territorio non occupata dalle macchine può essere impiegata per l'agricoltura e la pastorizia.

### IMPATTO VISIVO

Gli aerogeneratori per la loro configurazione sono visibili in ogni contesto ove vengono inseriti. Ma una scelta accurata della forma e del colore dei componenti, per evitare che le parti metalliche riflettano i raggi solari, consente di armonizzare la presenza degli impianti eolici nel paesaggio.

### RUMORE

Il rumore che emette un aerogeneratore viene causato dall'attrito delle pale con l'aria e dal moltiplicatore di giri. Questo rumore può essere smorzato migliorando l'inclinazione delle pale e la loro conformazione, e la struttura e l'isolamento acustico della navicella. Il rumore proveniente da un aerogeneratore deve essere inferiore ai 45 decibel in prossimità delle vicine abitazioni. Tale valore corrisponde ad una conversazione a bassa voce.
I moderni aerogeneratori soddisfano questa richiesta a partire da distanze di 150/180 metri.

### EFFETTI SU FLORA E FAUNA

I soli effetti riscontrati riguardano il possibile impatto degli uccelli con il rotore delle macchine. Il numero di uccelli che muoiono è comunque inferiore a quello dovuto al traffico automobilistico, ai pali della luce o del telefono.

### INTERFERENZE SULLE TELECOMUNICAZIONI ED EFFETTI ELETTROMAGNETICI

Per evitare possibili interferenze sulle telecomunicazioni e la formazione di campi elettromagnetici basta stabilire e mantenere la distanza minima fra l'aerogeneratore e, ad esempio, stazioni terminali di ponti radio, apparati di assistenza alla navigazione aerea e televisori.

### EMISSIONI EVITATE

L'utilizzo dell'energia eolica consente di evitare l'immissione nell'atmosfera delle sostanze inquinanti e dei gas serra prodotti dalle centrali convenzionali. Facciamo il conto delle emissioni evitate per kWh prodotto:

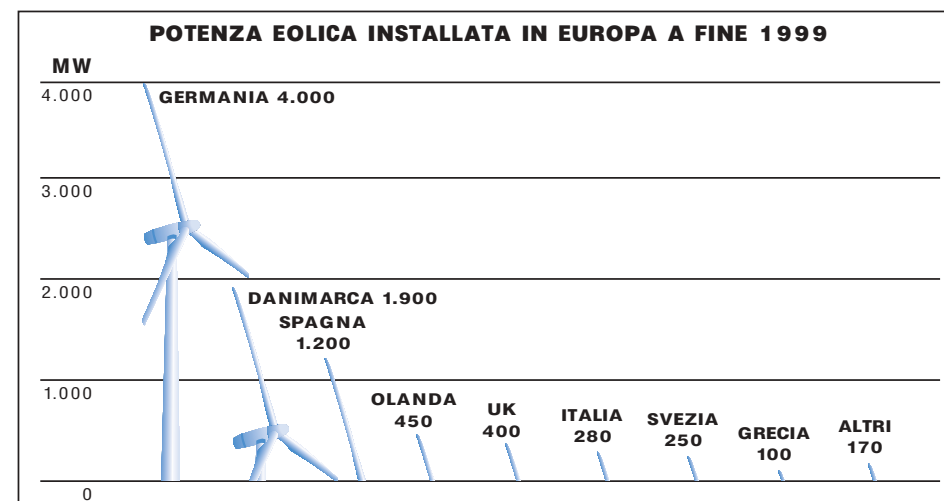
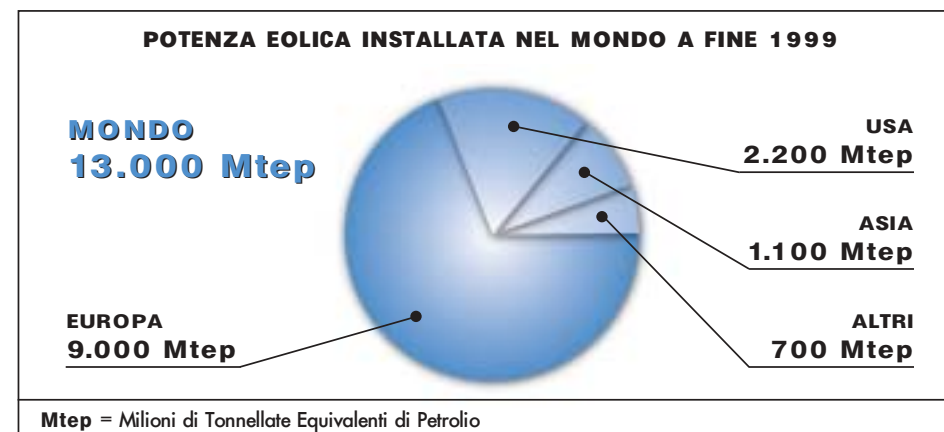
Una centrale elettrica convenzionale emette mediamente
1.000 g/kWh di $CO_2$ (anidride carbonica)
1,4 g/kWh di $SO_2$ (anidride solforosa)
1,9 g/kWh di $NO_X$ (ossidi di azoto)

Prendiamo ora in considerazione i 700 MW di impianti eolici, che dovranno essere realizzati in Italia nei prossimi anni.
Nell'ipotesi che l'energia annua prodotta sia pari a 1,4 TWh, pari a poco più dello 0,5% del fabbisogno elettrico nazionale, le emissioni annue evitate sono del seguente ordine:

1,4 milioni di tonnellate di $CO_2$
1.960 tonnellate di $SO_2$
2.660 tonnellate di $NO_X$

# L'ENERGIA EOLICA NEL MONDO

Nel 1981 la produzione di energia eolica mondiale era ancora praticamente nulla.
Oggi la potenza eolica installata ha superato i 13.000 MW.
Di questi circa 9.000 MW sono prodotti in Europa, soprattutto in Germania e Danimarca, i paesi europei che per primi hanno creduto alle opportunità economiche e ambientali offerte dallo sfruttamento di questa forma di energia.
In questi due paesi, così come in Spagna, Olanda e Gran Bretagna, l'occupazione associata allo sviluppo e alla diffusione di tale tecnologia è in continua espansione, anche grazie agli strumenti di sostegno finanziario messi a disposizione dallo Stato.
Un andamento analogo a quello dell'Europa è stato registrato in Asia, soprattutto in India, anche se con uno scarto temporale di circa dieci anni.

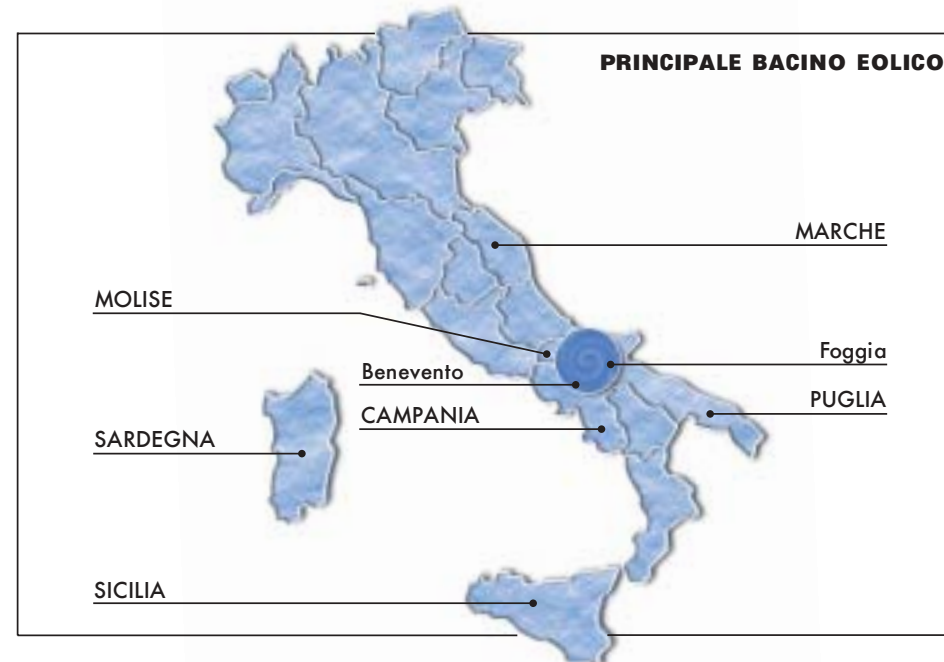
**Mtep** = Milioni di Tonnellate Equivalenti di Petrolio

# L'ENERGIA EOLICA IN ITALIA

In Italia le attività sull'eolico sono iniziate nei primi anni '80, e furono svolte principalmente dell'ENEA, dall'ENEL e da alcuni operatori privati, con l'obiettivo di sviluppare tecnologie e di individuare il potenziale eolico sfruttabile a livello nazionale.
L'ENEA ha svolto essenzialmente il compito di sostenere lo sviluppo, la sperimentazione e la dimostrazione di aerogeneratori di tecnologia nazionale. Oggi continua a studiare i siti per individuarne le potenziali risorse eoliche, collabora con le pubbliche amministrazioni fornendo supporto tecnico e svolge campagne di informazione rivolte agli amministratori e alla popolazione per favorire l'accettazione sociale di nuovi impianti.

***Un po' di storia***

*In Italia le prime macchine eoliche sono state installate nel 1990 ma solo dal 1996 si è avuto un significativo numero di impianti collegati alla rete di distribuzione elettrica.*
*Il primo prototipo di aerogeneratore fu installato nel 1989 ad Alta Nurra in Sardegna, dove è stata condotta una campagna sperimentale. Oggi a distanza di oltre 10 anni esistono delle vere centrali eoliche, alcune delle quali sono costituite da più di 50 aerogeneratori di media taglia (600 kW l'uno).*
*A dicembre 1999, in Italia risultavano installate circa 583 macchine, distribuite in 40 impianti, per una potenza complessiva di 282 MW. Alcuni di questi impianti sono stati costruiti a scopo dimostrativo dall'ENEL, mentre la maggioranza producono energia elettrica e sono gestiti da operatori privati che vendono l'energia alla rete elettrica di distribuzione nazionale.*

### LA RISORSA EOLICA IN ITALIA

La posizione geografica dell'Italia, unita alla presenza di catene montuose e di masse d'acqua, determina un diverso andamento dei venti sia nel corso dell'anno che da regione a regione.
L'Italia può comunque contare, specie nelle zone mediterranee meridionali e nelle isole, su venti di buona intensità, quali il maestrale, la tramontana, lo scirocco e il libeccio.

I risultati di un'indagine, cui anche l'ENEA ha partecipato, hanno evidenziato che i siti più idonei allo sfruttamento dell'eolico si trovano lungo il crinale appenninico, al di sopra dei 600 m slm e, in misura minore, nelle zone costiere. Le regioni più interessanti sono quelle del Sud, in particolare Campania, Puglia, Molise, Sicilia e Sardegna, e il territorio compreso tra le province di Trapani, Foggia, Benevento, Avellino e Potenza è il principale polo eolico nazionale.

Tuttavia la quantità di energia prodotta da fonte eolica è ancora trascurabile rispetto al potenziale sfruttabile stimato in circa 3.000 MW sulla terraferma e altrettanti in offshore.

### IL QUADRO NORMATIVO E GLI INCENTIVI

Gli strumenti governativi a sostegno delle fonti rinnovabili in generale, e dell'eolico in particolare, sono:

- Il Piano Energetico Nazionale del 1988, che stabiliva un obiettivo di 300-600 MW di eolico installati al 2000.

- Le leggi 9/91 e 10/91, il provvedimento Cip 6/92 che per la prima volta ha introdotto tariffe incentivanti per la cessione all'ENEL di energia elettrica prodotta con impianti da fonti rinnovabili.

- I fondi strutturali europei utilizzati dalle regioni Puglia, Campania, Umbria e Sicilia per realizzare impianti eolici.

- Il decreto Bersani (79/99) che ha introdotto un nuovo concetto di incentivazione delle fonti rinnovabili. Questo decreto obbliga i produttori di energia elettrica da fonti convenzionali a immettere annualmente, nella rete di distribuzione nazionale, una quota di energia prodotta da fonti rinnovabili pari al 2% della loro produzione annua. Tale quota di energia può essere prodotta all'interno stesso dell'impianto o acquistata da altri.

- La legge 394/91, in particolare l'art. 7 - comma 1 nel quale sono previste misure d'incentivazione alle amministrazioni comprese nelle aree protette che promuovano interventi volti a favorire l'uso di tali forme di energia.

Esiste inoltre una legislazione generale che disciplina la pianificazione e la localizzazione degli impianti eolici, anche in termini di tutela del paesaggio, dell'ambiente e della salute, nonché di uso del suolo.

**I COSTI DELL'ENERGIA EOLICA**

| TIPO DI IMPIANTO | POTENZA IMPIANTO MW | POTENZA AEROGENERATORE kW | COSTO INVESTIMENTO Euro/kW | VELOCITÁ VENTO m/sec | COSTO ENERGIA Euro/kWh |
|---|---|---|---|---|---|
| Impianto eolico a terra | 10 | 500-750 | 800,00-1.000,00 | 6-7 | 0,04-0,07 |
| Impianto eolico offshore | 4,95 | 450 | 2.200,00 | 7,5 | 0,08 |
| Impianto a carbone | | | 1.000,00-1.350,00 | | 0,05-0,09 |
| Impianto a gas | | | 500,00-700,00 | | 0,03-0,04 |

**L'ENEA** pubblica altri opuscoli sulle scelte più convenienti che tutti noi possiamo adottare per risparmiare energia e proteggere l'ambiente. Potete richiedere gratuitamente gli opuscoli che vi interessano a:

**ENEA - Unità RES RELPROM**
**Lungotevere Thaon di Revel, 76 - 000196 Roma**
**Fax 0636272288**

## RICERCA E INNOVAZIONE PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE DEL PAESE

L'ENEA è un ente di diritto pubblico operante nei campi della ricerca e dell'innovazione per lo sviluppo sostenibile, finalizzata a promuovere insieme gli obiettivi di sviluppo, competitività e occupazione e quello della salvaguardia ambientale.
Svolge altresì funzioni di agenzia per le pubbliche amministrazioni mediante la prestazione di servizi avanzati nei settori dell'energia, dell'ambiente e dell'innovazione tecnologica.
In particolare l'Ente:

- svolge, sviluppa, valorizza e promuove la ricerca in tema di energia, ambiente e innovazione tecnologica nel quadro dei programmi di ricerca nazionali, dell'Unione Europea e di altre organizzazioni internazionali;
- sostiene e favorisce i processi di innovazione e di trasferimento tecnologico al sistema produttivo e alle pubbliche amministrazioni;
- fornisce supporto tecnico specialistico ed organizzativo alle amministrazioni, alle regioni e agli enti locali, nell'ambito di accordi di programma con i Ministeri dell'Industria, dell'Ambiente e dell'Università e della Ricerca Scientifica e con altre amministrazioni pubbliche.

L'Ente ha circa **3.600 dipendenti** che operano in Centri di Ricerca distribuiti su tutto il territorio nazionale.
Nelle diverse regioni sono anche presenti **13 Centri di Consulenza Energetica Integrata** per la promozione e la diffusione degli usi efficienti dell'energia nei settori industriale, civile e dei trasporti.

## CENTRI DI CONSULENZA ENERGETICA INTEGRATA (C.C.E.I.)


**VENETO**
C.C.E.I. ENEA
Calle delle Ostreghe, 2434
C.P. 703
30124 VENEZIA
Tel. 0415226887
Fax 0415209100

**LIGURIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Serra, 6
16122 GENOVA
Tel. 010567141
Fax 010567148

**TOSCANA**
C.C.E.I. ENEA
Via Ponte alle Mosse, 61
50144 FIRENZE
Tel. 0553241227
Fax 055350491

**MARCHE**
C.C.E.I. ENEA
V.le della Vittoria, 52
60123 ANCONA
Tel. 07132773
Fax 07133264

**UMBRIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Angeloni, 49
06100 PERUGIA
Tel. 0755000043
Fax 0755006389

**LAZIO**
ENEA Divisione PROM
C.R. Casaccia
Via Anguillarese, 301
00060 ROMA
Tel. 0630483245
Fax 0630483930

**ABRUZZO**
C.C.E.I. ENEA
Via N. Fabrizi, 215/15
65122 PESCARA
Tel. 0854216332
Fax 0854216362

**MOLISE**
C.C.E.I. ENEA
Via Mazzini, 84
86100 CAMPOBASSO
Tel. 0874481072
Fax 087464607

**CAMPANIA**
C.C.E.I. ENEA
Via della Costituzione
Isola A/3
80143 NAPOLI
Tel. 081691111
Fax 0815625232

**PUGLIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Roberto da Bari, 119
70122 BARI
Tel. 0805248213
Fax 0805213898

**BASILICATA**
C.C.E.I. ENEA
C/o SEREA
Via D. Di Giura, s.n.c.
85100 POTENZA
Tel. 097146088
Fax 097146090

**CALABRIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Argine Destra
Annunziata, 87
89100 REGGIO CALABRIA
Tel. 096545028
Fax 096545104

**SICILIA**
C.C.E.I. ENEA
Via Catania, 2
90143 PALERMO
Tel. 0917824120
Fax 091300703


ENEA

SVILUPPO SOSTENIBILE

ENEA

# CLIMA E CAMBIAMENTI CLIMATICI

21

# sommario

#  CLIMA E CAMBIAMENTI CLIMATICI

Il clima sta cambiando…. È questo l'allarme che sempre più spesso occupa i titoli delle prime pagine dei giornali, quasi sempre in occasione di eventi meteorologici disastrosi.

Ma cosa vuol dire "che il clima sta cambiando"?
Cosa provoca queste mutazioni?
Cosa dobbiamo aspettarci e cosa possiamo fare?

Questo opuscolo si pone l'obiettivo dare alcune risposte a queste domande, sulla base delle opinioni della comunità scientifica nazionale ed internazionale.

## CLIMA O "TEMPO METEOROLOGICO"

Spesso la parola "clima" viene impropriamente utilizzata per parlare di "tempo meteorologico". Prima di affrontare i meccanismi e le problematiche relative alle mutazioni del clima, è opportuno chiarire la differenza tra questi due concetti:

- Il tempo "meteorologico" è lo stato dell'atmosfera in un dato luogo e in un dato momento. Esso varia da luogo a luogo e nel corso dei giorni in relazione ai movimenti delle grandi masse d'aria e dei loro scambi con la superficie terrestre;
- Il "clima" è la combinazione delle condizioni meteorologiche prevalenti in una regione, su lunghi periodi di tempo (25-30 anni).



L'osservazione, prolungata nel tempo, di parametri come la temperatura, le precipitazioni, l'umidità consente di ottenere valori medi statisticamente significativi che descrivono il clima di una determinata regione.

 ***I principali tipi di clima: varietà e caratteristiche principali***

**Climi umidi tropicali (almeno 6 mesi di precipitazioni e temperatura del mese più freddo superiore ai 15°C)**
- *clima equatoriale o della foresta pluviale;*
- *clima della savana.*

**Climi aridi (più di 6 mesi con scarse precipitazioni)**
- *clima arido caldo o desertico;*
- *clima steppico o arido con inverno freddo.*

**Climi mesotermici (temperatura del mese più freddo compresa tra 2°C e 15°C)**
- *clima umido temperato caldo con inverno secco o tropicale montano;*
- *clima umido temperato con estate secca o mediterraneo;*
- *clima temperato umido.*

**Climi microtermici (temperatura del mese più freddo superiore o uguale a 2°C)**
- *clima boreale freddo con inverno secco;*
- *clima boreale freddo con inverno umido.*

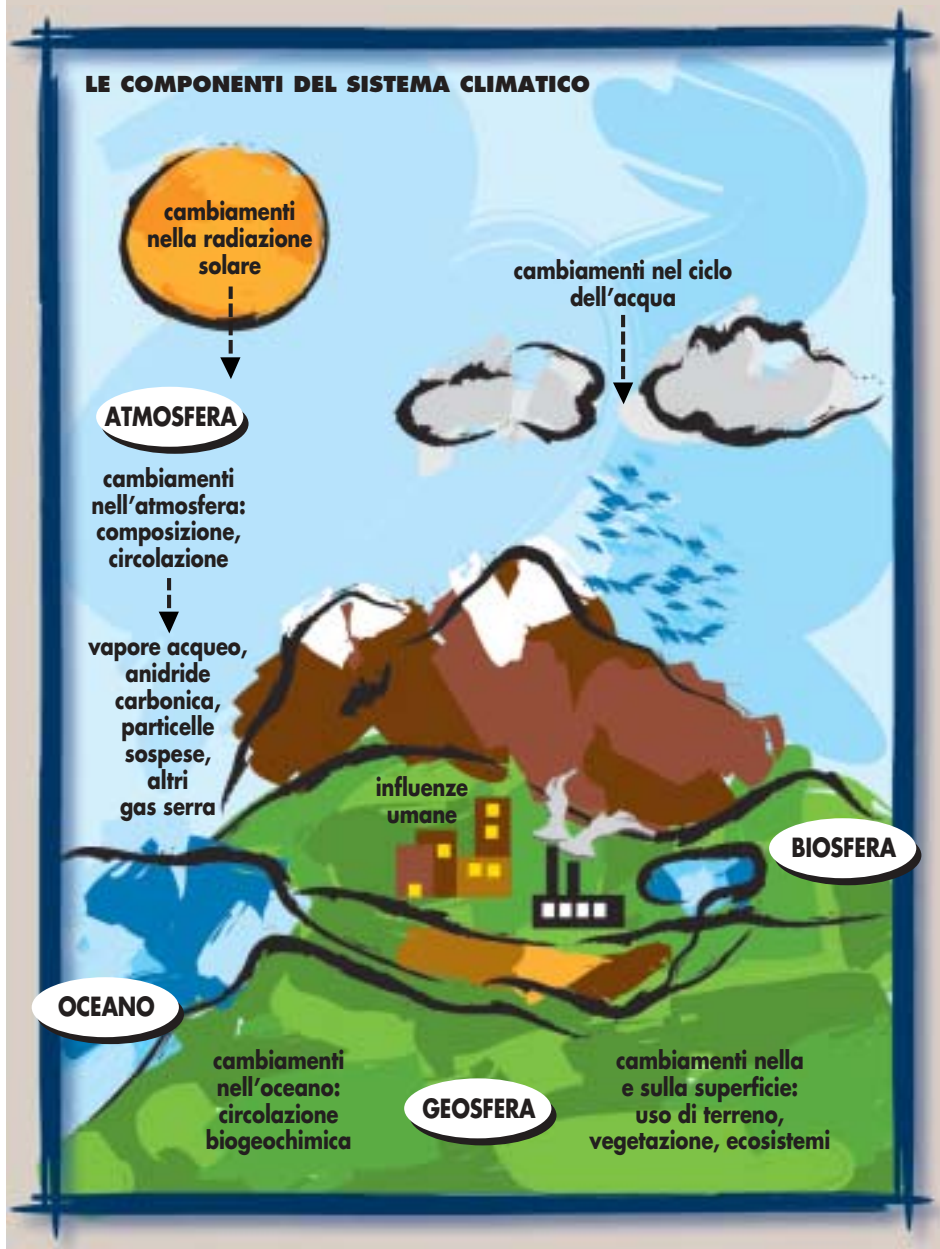
**Climi nivali (temperatura del mese più caldo sempre inferiore a 10°C)**
- *clima nivale o delle tundre;*
- *clima del gelo perenne.*

Alla base dei complessi meccanismi che regolano il clima sulla terra, c'è un solo motore: l'energia del sole. Essa viene assorbita dal sistema terrestre in modo diverso a seconda della latitudine, della conformazione geografica dei continenti e degli oceani, dell'orografia, ecc.

L'energia solare si trasforma in altre forme di energia che danno origine ai movimenti dell'atmosfera, dei mari, ecc. e in varie forme di energia bio-chimica che sono alla base della evoluzione della vita sulla terra. Dopo tutte queste trasformazioni l'energia solare, ormai "degradata", ritorna nello spazio. Tra l'energia che entra sulla terra e l'energia che esce, si stabilisce un equilibrio complessivo rappresentato dal "clima", a sua volta composto da equilibri regionali e locali.

Pertanto, mentre nella pratica il clima è definito dalle **condizioni meteorologiche medie** (temperatura, precipitazioni, vento, umidità) in un arco di tempo di almeno trent'anni, nell'attività di ricerca scientifica è definito come lo **stato di equilibrio energetico** tra flusso di energia solare entrante sul nostro pianeta e flusso di energia uscente dal nostro pianeta.

## Le componenti dell'equilibrio energetico

*Lo stato di equilibrio energetico della Terra è il risultato delle interazioni fra le diverse componenti che incessantemente si scambiano flussi di calore, di energia e di materia:*

- ***L'atmosfera:***

*l'atmosfera trasferisce calore dall'equatore ai poli. Questo trasporto di energia non avviene in maniera semplice; infatti la circolazione che riceve una maggiore quantità di energia solare, generale delle masse d'aria che dall'equatore si dirigono verso i poli -il sistema dei venti- è complicata dalla rotazione della Terra che ne devia il percorso. La circolazione generale delle masse d'aria risulta quindi composta dalla combinazione di tre circolazioni minori:*

1) *la circolazione tropicale, detta cella di Hadley, che effettua lo scambio di calore tra l'equatore e i tropici;*

2) *la circolazione delle latitudini medi,e che grazie al suo andamento ondulato effettua lo scambio di calore tra i tropici e le latitudini medie (60°);*

3) *la circolazione polare, che effettua lo scambio tra le latitudini medie ed i poli.*

*Oltre ai movimenti delle masse d'aria al suo interno, anche la composizione dell'atmosfera influenza il clima: la concentrazione di determinate sostanze, come i "gas serra", infatti, ne modifica la capacità di trattenere il calore.*

● ***Gli oceani:***
*anche gli oceani trasportano calore dall'equatore ai poli, aiutando così a equilibrare la disparità termica tra le due regioni. Ciò avviene grazie alla corrente calda che si forma nelle regioni equatoriali e sale fino all'Islanda, dove incontra i venti gelidi provenienti dal Canada. Qui l'acqua del mare si raffredda, cedendo calore all'aria e mitigando quindi l'effetto che tali venti avrebbero sul Nord Europa.*
*Evaporando l'acqua diventa più densa e tende a scendere generando una corrente profonda: in pratica si tratta di un grande nastro trasportatore di acqua fredda e salata che nasce nei mari del nord e visita tutti gli oceani in un viaggio che dura all'incirca 1.000 anni. La portata di tale corrente è equivalente a 100 volte la portata del Rio delle Amazzoni.*

● ***La geosfera:***
*l'evoluzione del clima sulla terra è strettamente legata, sul lungo periodo, alla storia dei continenti; infatti i climi dipendono strettamente dalla posizione delle terre emerse. Possiamo dire che, ad ogni stadio della deriva dei continenti, corrisponde un clima particolare. Ma il clima è anche influenzato, sul breve periodo, dall'attività vulcanica; forti eruzioni immettono nell'atmosfera quantità considerevoli di polveri e di gas (aerosol) che hanno l'effetto di riflettere l'energia solare e quindi provocano un raffreddamento della superficie terrestre.*
*Ad esempio, quando ai poli non c'erano delle terre emerse, il clima era globalmente più caldo poiché l'oceano poteva trasportare calore verso i poli in maniera più efficace.*

● ***La biosfera:***
*boschi, foreste, organismi vegetali marini, il fitoplancton, attraverso i processi di fotosintesi, sottraggono anidride carbonica ($CO_2$) all'atmosfera e la trasformano in biomassa e quindi costituiscono, di fatto, la principale fonte di assorbimento e di riciclo della $CO_2$ atmosferica.*

● ***L'energia solare:***
*l'intensità dell'energia solare varia con una ciclicità di circa undici anni anche se tale variazione non sembra avere un'influenza notevole sul clima terrestre.*

● ***L'orbita terrestre:***
*le variazioni dell'eccentricità dell'orbita terrestre, la precessione degli equinozi, la variazione dell'inclinazione dell'asse di rotazione della Terra, influenzano il clima terrestre.*
*In generale si può dire che i periodi più freddi sono quelli nei quali l'obliquità dell'asse terrestre è minore, l'eccentricità maggiore e la precessione degli equinozi tale che la Terra è lontana dal Sole e con l'asse di rotazione inclinato in verso opposto al Sole durante l'inverno nell'emisfero Nord.*

# LE OSCILLAZIONI STORICHE DEL CLIMA

L’età della Terra viene oggi stimata in circa 5 miliardi di anni, ed è ormai accertato che, sin dalle sue origini, il pianeta ha subito un alternarsi di periodi freddi, culminati in diversi episodi di glaciazione durati anche milioni di anni, e periodi di clima temperato o caldo, lunghi centinaia di milioni di anni.
Continue oscillazioni sono sempre state la norma, come dimostrato dalle piccole glaciazioni, d’intensità minore e di breve durata, che avrebbero a loro volta interrotto i lunghissimi periodi caldi.
Ovviamente le ricostruzioni dei climi del passato sono approssimative e basate su esami geologici e sullo studio di reperti paleontologici.

Il clima ha modificato la superficie della Terra, ma soprattutto ha condizionato la vita degli organismi che la abitano.
Ad ogni sua variazione piante, animali e uomini hanno dovuto trovare nuove forme di adattamento, spesso migrando in cerca di ambienti più ospitali. L’abilità dei primi esseri umani di adattarsi a condizioni climatiche anche estreme è stata una delle chiavi della sopravvivenza della specie.

I dati disponibili permettono di dare informazioni più dettagliate sul clima dell’ultimo milione e mezzo di anni, quella che viene chiamata dai geologi l’Era Quaternaria.
Questo periodo è caratterizzato da quattro glaciazioni maggiori e tre fasi interglaciali; durante questa Era i continenti presero la posizione attuale e apparve l’uomo moderno.
L’ultima glaciazione ha permesso la diffusione dell’uomo su tutto il pianeta, facilitata dai corridoi di terre emerse sorti a causa dell’abbassamento del livello del mare.
Finita l’era glaciale, circa 18-20 mila anni fa, il clima tornò, con diverse oscillazioni, ad essere più caldo e umido.

Avvicinandosi ai giorni nostri, le informazioni a disposizione diventano sempre più precise; attorno al 6000 a.C. sulla regione del Sahara si rovesciarono grandi quantità di pioggia che andarono a formare i grandi fiumi i cui letti sono ancora oggi visibili.
Poi, intorno al 3000 a.C., le precipitazioni diminuirono e il Sahara tornò ad essere una regione arida e inospitale.
In epoca greco-romana, le oscillazioni tra caldo e freddo si fecero più frequenti e meno ampie.
I primi secoli dell’era cristiana sembrano essere caratterizzati da un clima mite ma arido.

Il medioevo appare come un periodo caldo ben definito e ciò è confermato dal fatto che in Inghilterra si produceva vino, 500 chilometri più a Nord rispetto a oggi.
Terminato quello che viene chiamato l’optimum climatico medievale, attorno al 1200 il clima tende a raffreddarsi, inizia quella che viene chiamata dai climatologi la “Piccola età glaciale” che culmina nel 1816, passato alla storia come “l’anno senza estate”.
A metà ottocento le temperature tornano ad aumentare, inaugurando un periodo caldo che dura ancora oggi.

## IL CLIMA NEGLI ULTIMI 6000 ANNI

Temperatura media

2000 d.C.
1000 d.C.
Anno zero
1000 a.C.
2000 a.C.
3000 a.C.
4000 a.C.

**Oggi**
Finita la Piccola età glaciale, dal 1850 a oggi la temperatura media terrestre è aumentata di 0,5-1 gradi.
I ghiacciai di tutto il mondo sono in regresso, mentre il livello dei mari cresce di un paio di millimetri l’anno.
È il riscaldamento globale, forse provocato dalle attività umane.

**Piccola età glaciale**
Dal XV secolo fino a metà ottocento, una lunga fase fredda interessa il pianeta e in particolare l’Europa. I Vichinghi lasciano la Groenlandia, i cui porti sono bloccati dal gelo. I ghiacciai avanzano e molte valli alpine vengono abbandonate. Il 1816 passa alla storia come “l’anno senza estate”.

**Optimum medievale**
Un lungo periodo caldo si estende più o meno dal IX al XII secolo.
In Inghilterra si coltiva la vite, mentre i monasteri irlandesi ottengono un livello di prosperità e cultura senza precedenti. I Vichinghi colonizzano la Groenlandia e raggiungono l’America. Fervono le attività anche lungo la “via della seta”.

**Una catastrofe climatica?**
Attorno al VI secolo d.C. una serie di eventi sconvolge il mondo antico: popoli asiatici invadono l’Occidente, cadono le prime dinastie cinesi, le civiltà sudamericane raggiungono gli altipiani. Una recente teoria (tutta da discutere) ne fa risalire la causa a un disastro naturale, dagli spaventosi effetti climatici, avvenuto nel 535 d.C.

**Anno zero**
Il periodo a cavallo della nascita di Cristo appare abbastanza mite. È difficile ricostruire una tendenza precisa, ma il clima non deve essere molto differente da quello attuale. Durante i primi secoli dell’era cristiana sembra accentuarsi l’aridità, che alcuni storici hanno messo in relazione con la decadenza dell’Impero romano.

**Fresco e umido**
Verso il XII secolo a.C., una crisi (di origine climatica?) sconvolge il mondo antico, con la decadenza di imperi come quello egiziano e minoico-miceneo. Dal 900 a.C. in poi il clima è fresco e umido. È un momento di prosperità agricola, con lo sviluppo della civiltà greca, etrusca e romana.

**Caldo arido**
Al culmine dell’optimum postglaciale, il clima è più arido. Il deserto guadagna terreno, mentre i ghiacciai si sciolgono. La civiltà sahariana si restringe alle coste e alla Valle del Nilo. Appaiono le prime grandi civiltà storiche (siriano-mesopotamica ed egiziana). Nel Pacifico, intanto, è emerso El Niño.

**Optimum postglaciale**
Finito l’ultimo breve episodio glaciale, verso l’8000 a.C., la Terra torna a scaldarsi. Una fase che culmina negli anni dal 5500 al 2600 a.C., quando vengono raggiunte le temperature più alte degli ultimi diecimila anni. Attorno al 4000 a.C., il Sahara ha un clima molto umido ed è coperto da vaste praterie che ospitano civiltà evolute.

CALDO FREDDO

### Storia dello studio del clima

*Le attività umane sono sempre state influenzate dagli eventi meteorologici e per questo motivo gli uomini, fin dall'antichità, scrutavano il cielo, osservavano il comportamento degli animali e si affidavano a saperi e credenze varie per cercare di rispondere alla domanda "che tempo farà domani?".*

*I primi ad effettuare osservazioni meteorologiche regolari sono i cinesi, nel 1300 a.C. Nello stesso periodo i Babilonesi formulano vere e proprie regole climatiche poste sotto gli auspici del dio Marduk, dio del cosmo.*

*I Greci si interessano molto alla meteorologia e Aristotele, con il testo "Meteorologia", servirà da riferimento a tutto il mondo occidentale per molti secoli. Con l'impulso dato dai pensatori greci e poi romani, la meteorologia diviene una scienza vera e propria che però, durante il medioevo non fa passi in avanti.*

*Come per la maggior parte delle scienze è durante il Rinascimento, tra il XVII e il XVIII secolo, che vengono costruiti numerosi strumenti di misura quali il termometro a mercurio, il barometro ed infine un importante strumento che servirà a Fourier per misurare l'effetto serra: l'eliotermometro.*

*Infatti, nel 1824, lo scienziato francese definisce l'atmosfera come una serra compressa tra la superficie della Terra e lo spazio interstellare: "È così che la temperatura della Terra viene aumentata dall'interposizione dell'atmosfera, perché il calore nello stato di luce trova meno resistenza nel penetrare l'aria, che nel ripassare quando viene convertita in calore non luminoso".*

*Nel 1895 Arrhenius presenta la sua memoria "Sull'influenza dell'anidride carbonica atmosferica sopra le temperature terrestri" nella quale la descrizione dell'effetto serra fatta da Fourier si arricchisce di nuovi particolari individuando gli elementi dell'atmosfera che sono causa di tale effetto.*

*Le ricerche sull'influenza dell'anidride carbonica sul clima proseguono per tutta la prima metà del 1900 e culminano nel 1958, con la costruzione alle Hawaii di un osservatorio per monitorare la concentrazione della $CO_2$ in atmosfera.*

*Le conoscenze sul clima sono molto progredite dai tempi di Fourier, sono cambiati gli strumenti e i metodi di ricerca, nonché il numero di persone coinvolte; ogni anno le riviste scientifiche pubblicano migliaia di articoli che riportano i risultati di ricerche sul clima, le misurazioni dei principali parametri, le statistiche degli eventi meteorologici estremi, ecc.*

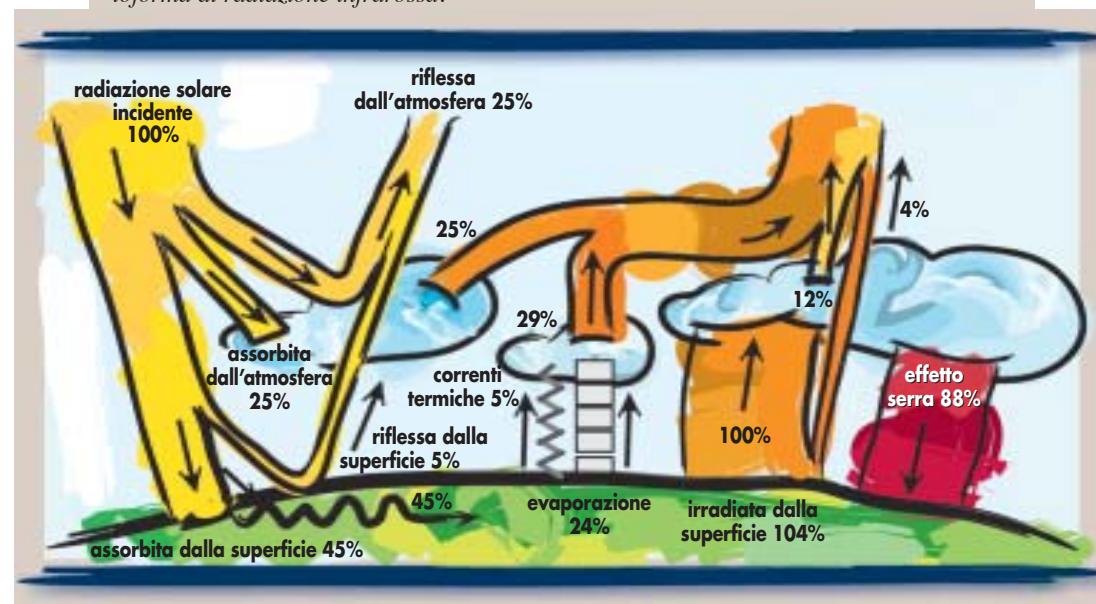
*È anche per vagliare i risultati di tali ricerche e per sintetizzarli che, alla fine degli anni '80, viene istituito l'IPCC (Intergovernemental Panel on Climate Change), il comitato di esperti delle Nazioni Unite incaricato di studiare i cambiamenti climatici.*

# 2 LE ATTIVITÀ UMANE COME CAUSA DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

## L'EFFETTO SERRA NATURALE

**L'effetto serra** è il fenomeno naturale determinato dalla capacità dell'atmosfera di trattenere sotto forma di calore parte dell'energia che proviene dal Sole.
Come aveva intuito Fourier, il fenomeno è dovuto alla presenza nell'atmosfera di alcuni gas, detti "gas serra", che "intrappolano" la radiazione termica che viene emessa dalla superficie terrestre riscaldata dal Sole.
Proprio come i vetri di una serra, infatti, l'atmosfera è "trasparente" alla radiazione solare che proviene dal Sole, mentre è parzialmente "opaca" a quella termica emessa dalla superficie terrestre.
Grazie a questo fenomeno, la temperatura media della terra si mantiene intorno ai 15°C, contro i -19°C che si avrebbero in assenza dei "gas serra".

### Effetto serra su base 100

*Dalle radiazioni solari entranti solo il 45% viene assorbito dalla terra: infatti il 25% viene riflesso dall'atmosfera, il 5% dalle superfici riflettenti della Terra (ghiacciai, oceani), mentre il 25% viene assorbito dall'atmosfera che lo rimette sotto forma di radiazione infrarossa (calore). Anche la Terra emette energia come radiazione infrarossa, di questa il 4% viene irradiata direttamente nello spazio, il 100% viene invece assorbita dai gas serra e viene poi re-radiata dall'atmosfera terrestre (88%). Quest'ultimo valore rappresenta l'effetto serra. La superficie della Terra emette energia anche attraverso l'evaporazione 24% e le correnti termiche 5%; questa energia viene assorbita dall'atmosfera e poi rimessa sottoforma di radiazione infrarossa.*

I gas maggiormente responsabili di questo fenomeno, oltre il vapore acqueo, che è il principale gas serra naturale, sono la $CO_2$, il metano, l'$NO_2$ (protossido di azoto).

**L'anidride carbonica ($CO_2$),** uno dei principali composti del carbonio, è presente in natura in quattro grandi "serbatoi":

- La biosfera, nella quale il carbonio è presente nelle molecole organiche (lipidi, glucidi, ecc.) (3.100 miliardi di tonnellate o gigatonnellate);
- Gli oceani, nei quali il carbonio è disciolto sotto forma di carbonati e bicarbonati (40.000 gigatonnellate);
- La geosfera, dove il carbonio si presenta essenzialmente sotto forma di calcare e di combustibili fossili (rispettivamente 40.000 e 12.000 gigatonnellate);
- L'atmosfera, dove il carbonio è presente sotto forma di $CO_2$ (600 gigatonnellate).

Questi serbatoi sono legati tra loro da importanti scambi che nel loro insieme costituiscono il "ciclo del carbonio":

- Gli organismi vegetali utilizzano la $CO_2$ atmosferica per produrre materia organica attraverso la fotosintesi clorofilliana; la quantità di carbonio così fissata ogni anno è notevole (100 gigatonnellate per anno); il carbonio è poi riemesso dagli ecosistemi attraverso la respirazione di piante e animali;
- La $CO_2$ atmosferica entra negli oceani per diffusione e viene convertita in forme diverse; ad esempio viene fissata da alcuni organismi che la utilizzano per costruire i propri gusci che, alla morte dell'animale, si depositano sul fondo degli oceani a formare vasti depositi di materiale calcareo;
- Gli organismi vegetali ed animali decomponendosi in condizioni anaerobiche hanno formato grandi depositi di combustibili fossili. Il carbone, il petrolio e il gas naturale sono infatti essenzialmente formati da composti del carbonio.

In breve, la fotosintesi sottrae anidride carbonica all'atmosfera facendo passare il carbonio dall'ambiente abiotico agli organismi viventi. Da questi ultimi ritorna all'acqua od all'atmosfera attraverso la respirazione cellulare, la combustione e l'erosione. Il bilancio naturale del ciclo del carbonio, in assenza di attività dell'uomo, è pressoché in pareggio.

**Il metano ($CH_4$)** si produce dalla degradazione di materiale organico in assenza di ossigeno (anossia). Esso viene naturalmente emesso da mangrovie e paludi, mentre le emissioni dovute alle attività umane provengono essenzialmente dalle perdite di gas naturale e di altri combustibili fossili durante l'estrazione e il trasporto, dalla combustione di biomasse, dall'agricoltura e dalla zootecnica, ed infine dalle discariche.

Il **protossido di azoto ($NO_2$)** è un gas serra molto potente e con un tempo di permanenza in atmosfera piuttosto elevato (120 anni), ma con una bassa concentrazione; le principali fonti antropiche di emissione derivano dai fertilizzanti azotati usati in agricoltura e in alcune produzioni industriali.

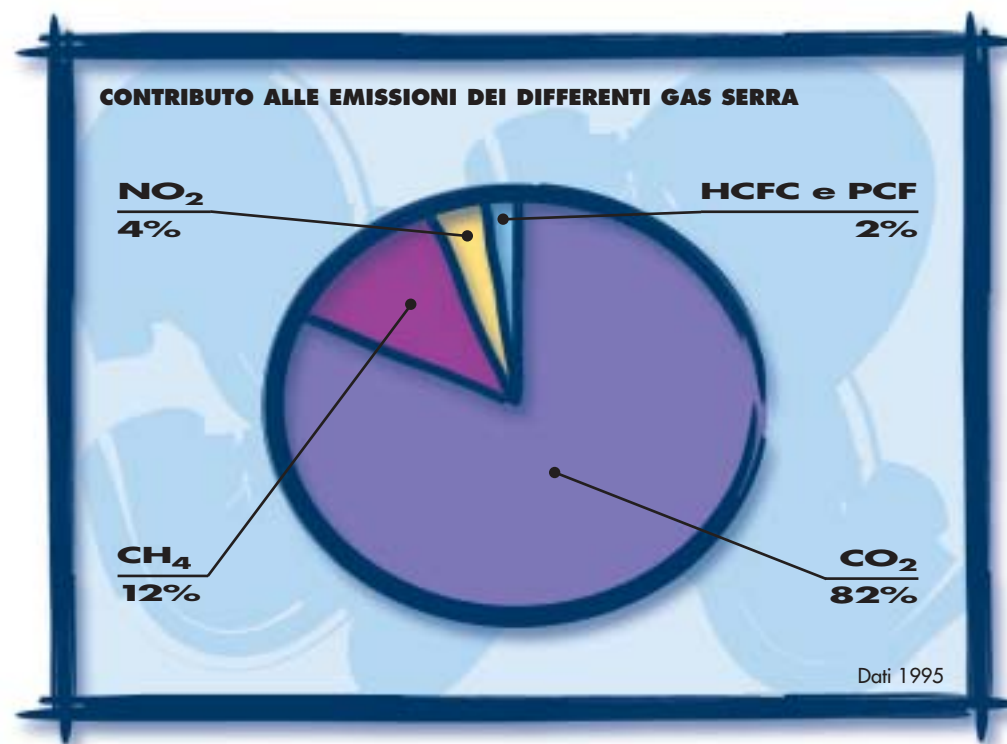


**CFC, HFC, $CF_4$,** sono dei composti chimici a base di carbonio che contengono cloro, fluoro, iodio o bromo. Con il Protocollo di Montreal (1987) è stato vietato l'uso di una serie di sostanze tra le quali i clorofluoro - CFC - carburi (responsabili del buco nell'ozono) e quindi si è arrivati ad una diminuzione della loro concentrazione; ma anche i prodotti sostitutivi (HFL e $CF_4$) sono potenti gas serra.

## L'EFFETTO SERRA ANTROPOGENICO

Con le emissioni in atmosfera di grandi quantità di gas serra, le attività umane stanno generando un effetto serra aggiuntivo a quello naturale, che tende ad alterare tutti gli equilibri del sistema climatico.
L'uomo, infatti, modifica costantemente la composizione dell'atmosfera, introducendo nuove sorgenti di gas serra ed interferendo con i serbatoi naturali;

Le emissioni derivano per la maggior parte dal consumo e dalla combustione di fonti fossili, altre vengono da alcune produzioni industriali, dall'agricoltura, dall'allevamento e dalla gestione dei rifiuti.

La diminuzione degli assorbitori di gas serra dipende invece dalla riduzione, per distruzione o per cambiamento d'uso, delle superfici forestali che hanno la proprietà di assorbire la $CO_2$.

### LE EMISSIONI DI GAS SERRA

Nel 1995 l'82% delle emissioni di gas serra sono state di $CO_2$. Seguono il metano 12%, l'$NO_2$ 4%; il rimanente 2% è dato dalla somma delle emissioni dei HCFC e PCF.

Per valutare il contributo all'effetto serra dei differenti gas, bisogna prendere in considerazione tre parametri:

- La loro concentrazione in atmosfera;
- Il forcing radiattivo di ciascun gas, ovvero la diversa capacità di intrappolare l'energia che va dalla Terra verso lo spazio;
- Il tempo medio per il quale un certo gas rimane in atmosfera, ovvero la persistenza (ovviamente se un gas serra rimane in atmosfera per poco tempo avrà un effetto minore di un gas serra che rimane in atmosfera molto a lungo).

Per poter rendere possibile il confronto tra gas con differenti caratteristiche è stato sviluppato un metodo che permette di valutare i diversi gas evidenziando il loro potenziale di riscaldamento globale (GWP), tenendo dunque conto del tempo di permanenza in atmosfera, della concentrazione e del forcing radiattivo; il GWP è una misura dell'effetto serra relativo di un gas utilizzando come gas di riferimento l'anidride carbonica.

**LIVELLI DI CONCENTRAZIONE E PERSISTENZA IN ATMOSFERA PER ALCUNI DEI PIÙ IMPORTANTI GAS SERRA**

| | $CO_2$ | $CH_4$ | $NO_2$ | CFC-11 | HFC-23 | $CF_4$ (PFC) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pre rivoluzione industriale | ~280 ppmv | ~700 ppbv | ~280 ppbv | - | - | 40 pptv |
| 1998 | 365 ppmv | 1.745 ppbv | 314 ppbv | 268 pptv | 14 pptv | 80 pptv |
| Tasso di crescita annuo attuale | 0,5 | 0,6 | 0,25 | | | |
| Persistenza media (anni) | 50/200 | 12 | 114 | 45 | 257 | 50.000 |
| GWP (Potenziale di Riscaldamento Globale) | 1 | 21 | 310 | 4.000 | 11.700 | 6.300 |

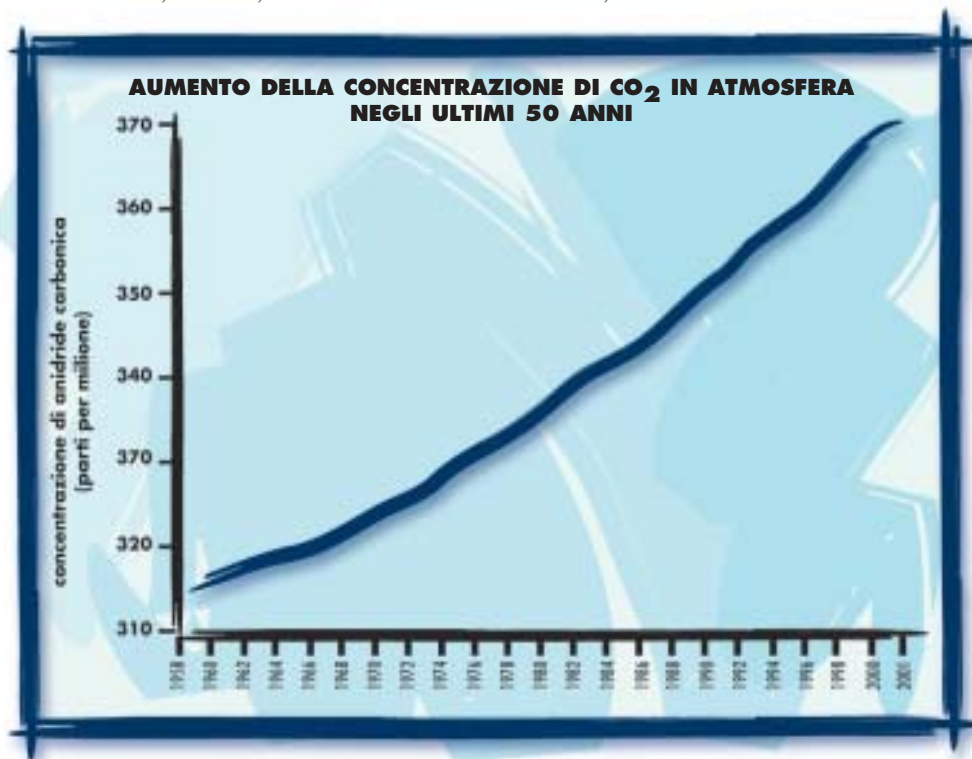
*ppmv=parti per milione in volume, ppbv=parti per miliardo in volume, pptv=parti per migliaia di miliardi in volume.*

Il Segretariato delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) svolge un'importante funzione di raccolta e di omogeneizzazione dei dati relativi alle emissioni di gas serra offrendo in questo modo una visione di insieme delle emissioni dei paesi industrializzati, oltreché paese per paese.

Secondo l'UNFCCC, nel 1998 la maggior fonte di emissione proviene dall'uso di fonti di energia fossile (96,7%). All'interno di questa categoria sono le industrie energetiche ad occupare la quota più importante (39,1%), segue poi il settore dei trasporti (26,7%).

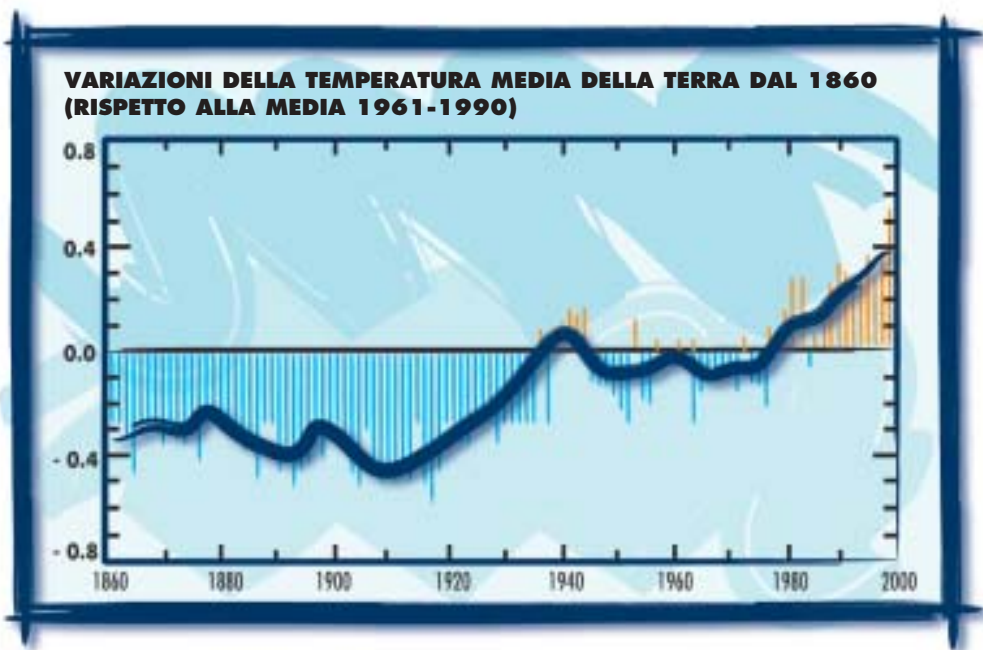
L'anidride carbonica è dunque il principale gas ad effetto serra di origine antropogenica, ed il principale responsabile delle emissioni di gas serra è il settore energetico.

Le emissioni di $CO_2$ legate al settore energetico dipendono sia dal livello della domanda di energia, che dalle fonti utilizzate. Infatti, non tutti i combustibili emettono la stessa quantità di $CO_2$ (ad esempio a parità di energia termica prodotta, il gas naturale emette quasi la metà del carbone).

Il grafico qui sotto mostra la crescita costante della concentrazione di $CO_2$ in atmosfera: negli ultimi 40 anni, del 16%; con un incremento annuo dello 0,5%.

Ogni anno l'uomo immette in atmosfera 7 gigatonnellate di carbonio; confrontando questo dato con l'entità dei flussi che legano l'atmosfera e la biosfera (100 gigatonnellate di carbonio all'anno) si nota che pur essendo molto piccole rispetto alle emissioni totali, le emissioni antropiche sono sufficienti a spostare l'equilibrio del ciclo e a provocare un aumento delle concentrazioni di $CO_2$ in atmosfera.

# 3 EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI A LIVELLO GLOBALE

Allo stato attuale delle conoscenze scientifiche e sulla base dei più recenti studi dell'IPCC (Intergovernemental Panel on Climate Change) la maggior parte degli esperti concorda nel ritenere che, a causa dell'aumento delle concentrazioni di gas serra in atmosfera, nel prossimo futuro potremmo aspettarci i seguenti fenomeni:

- **Aumento della temperatura del pianeta.** Dal 1860, data a partire dalla quale sono disponibili dati attendibili, la temperatura media della Terra è aumentata di 0,6°C. In termini di durata e di ampiezza del fenomeno, il riscaldamento durante il 1900 sembra essere stato il più importante negli ultimi mille anni;

- **Aumento delle precipitazioni,** soprattutto nell'emisfero Nord, e particolarmente alle medie e alte latitudini. Diminuzione delle piogge nelle regioni tropicali e subtropicali;
- **Aumento nella frequenza e nell'intensità di eventi climatici estremi** come alluvioni, tempeste, ondate di caldo o freddo eccessivo;
- **Aumento del rischio di desertificazione** in alcune zone;
- **Diminuzione dei ghiacciai** presenti nelle principale catene montuose mondiali;
- **Crescita del livello del mare.** Negli ultimi 100 anni si è già verificato un innalzamento di circa 10/25 cm.

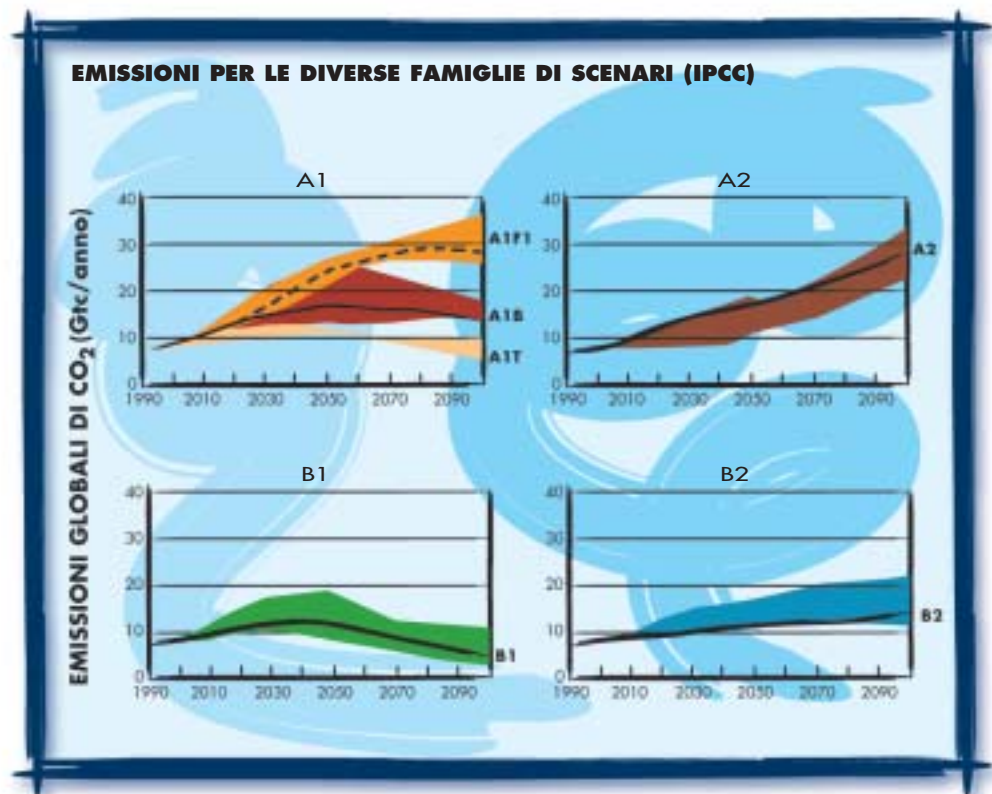
## GLI SCENARI FUTURI

Negli ultimi venti anni, gli scienziati hanno sviluppato modelli di calcolo che cercano di prevedere i cambiamenti climatici. I modelli utilizzati, chiamati GCM (General Circulation Models, modelli di circolazione generale), funzionano su calcolatori molto potenti che utilizzano tutte le conoscenze sul clima per ottenere tali previsioni.

Alcuni studi dell'IPCC prendono in considerazione diverse ipotesi di evoluzione per alcuni parametri fondamentali: crescita demografica, sviluppo economico, risorse disponibili (fonti primarie di energia) e tecnologia. Le diverse ipotesi di evoluzione vengono dette "famiglie di scenari".

**CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELLE 4 FAMIGLIE DI SCENARI DELL'IPCC**

| | Famiglia A1 | Famiglia A2 | Famiglia B1 | Famiglia B2 |
|---|---|---|---|---|
| **Crescita demografica** | 8,7 miliardi al 2050<br>7 miliardi al 2100 | 15 miliardi al 2100 | 8,7 miliardi al 2050<br>7 miliardi al 2100 | 10,4 miliardi al 2100 |
| **Sviluppo economico** | Alto nei paesi industrializzati<br>Alto nei paesi in via di sviluppo | Alto nei paesi industrializzati<br>Medio nei paesi in via di sviluppo | Alto nei paesi industrializzati<br>Basso nei paesi in via di sviluppo | Alto nei paesi industrializzati<br>Basso nei paesi in via di sviluppo |
| **Risorse disponibili** | Alte | Alte | Alte | Alte |
| **Tecnologie** | Evoluzione tecnologica rapida con tre possibilità di sviluppo delle fonti energetiche:<br>A1FI combustibili fossili<br>A1B equilibrio combustibili fossili altre fonti<br>A1T risorse non fossili | Evoluzione tecnologica frammentaria e lenta | Sviluppo sostenibile, uso contenuto delle risorse | Evoluzione tecnologica differenziata e lenta ma orientata verso lo sviluppo sostenibile |

Per ognuna di queste famiglie di scenari, sono stati calcolati diversi livelli di emissione di $CO_2$, per il periodo 1990-2100.

I principali cambiamenti individuati dai modelli, a seguito dell'aumento della concentrazione di gas di serra nell'atmosfera, sono essenzialmente tre:

- il riscaldamento globale della bassa atmosfera e della superficie terrestre,
- l'accelerazione del ciclo dell'acqua nell'atmosfera e nel suolo,
- l'aumento del livello dei mari.

## RISCALDAMENTO GLOBALE

Tutti i modelli matematici attualmente disponibili prevedono un generale riscaldamento dei bassi strati dell'atmosfera e della superficie terrestre in un intervallo compreso fra 1,5 e 5,8°C e contemporaneamente un raffreddamento degli strati più alti dell'atmosfera.

Il tasso medio di incremento della temperatura è stimato in circa 0,3°C ogni 10 anni. I tempi in cui tale cambiamento avverrà sono ancora incerti ed incerta è anche la distribuzione che tale aumento assumerà a scala subcontinentale.

Tuttavia, analisi e valutazioni condotte su vari scenari permettono di dire che la distribuzione del riscaldamento climatico alle diverse latitudini avrà le seguenti caratteristiche:

- **Alte latitudini (fascia polare e subpolare)**
  In inverno l'aumento di temperatura previsto alle alte latitudini sarà maggiore dell'aumento medio globale ed interesserà più le terre emerse che la superficie marina. Sui mari polari, in particolare, vi sarà una riduzione dell'estensione del ghiaccio marino; poiché il ghiaccio influenza gli scambi di calore oceanici, il riscaldamento climatico nelle aree artiche ed alle alte latitudini sarà ancora più vistoso. In estate, viceversa, il riscaldamento previsto alle alte latitudini sarà inferiore a quello medio globale a causa della grande capacità termica dell'oceano che distribuisce al suo interno la maggiore parte dell'energia assorbita.
- **Medie latitudini (fascia temperata)**
  Il riscaldamento estivo delle zone continentali alle medie latitudini dell'emisfero nord, sarà maggiore della media globale, mentre quello invernale sarà quasi uguale a quello medio globale. Tale effetto è particolarmente evidente alle medie latitudini dell'emisfero nord dove esiste la più alta percentuale di superfici emerse e dove, proprio per l'elevata presenza dei continenti, l'azione raffreddante della evaporazione marina è limitata. Infatti, alle medie latitudini dell'emisfero sud, il riscaldamento climatico non presenterà apprezzabili variazioni stagionali e sarà più vicino al valor medio globale.
- **Basse latitudini (fascia subtropicale ed equatoriale)**
  Il riscaldamento delle zone intertropicali sarà minimo ed inferiore al riscaldamento medio globale. Inoltre, a differenza delle alte latitudini, si distribuirà pressoché uniformemente su tutte le stagioni. L'area intertropicale è occupata in gran parte dal mare e quindi il riscaldamento superficiale si tradurrà principalmente in un aumento dell'evaporazione oceanica più che della temperatura dell'aria.

## CICLO DELL'ACQUA NELL'ATMOSFERA E AL SUOLO

Le precipitazioni atmosferiche aumenteranno a livello globale in conseguenza dell'aumento della temperatura. Questo perché sarà maggiore l'evaporazione (e quindi la quantità di vapor d'acqua contenuta nell'atmosfera) e perché il ciclo dell'acqua nel sistema climatico verrà accelerato ed intensificato.
Tuttavia, l'aumento delle precipitazioni non sarà uniformemente distribuito sulla superficie terrestre. Infatti, si prevede che le precipitazioni aumenteranno apprezzabilmente alle alte latitudini e nella fascia intertropicale, sia nei mesi estivi che in quelli invernali. Alle medie latitudini, invece, l'aumento delle precipitazioni riguarderà solo il semestre più freddo.

L'atmosfera complessivamente più calda e più umida porterà ad una variabilità di situazioni a livello regionale maggiore di quella attuale: in particolare, eventi di siccità e/o di alluvioni si aggraveranno in alcune zone, mentre in altre diventeranno meno gravi.
Inoltre, poiché aumenterà l'intensità delle precipitazioni, le piogge a carattere alluvionale saranno più numerose.

Le conoscenze scientifiche attuali non sono sufficienti per affermare che l'aumento della frequenza di certi fenomeni meteorologici estremi, come alluvioni ed inondazioni (alle medie latitudini), rovesci e tempeste di neve (alle alte latitudini), uragani e cicloni tropicali (alle basse latitudini), aumenteranno di numero o se, invece, avranno solo una diversa distribuzione geografica.

**LIVELLO DEL MARE**
Il livello medio del mare si innalzerà, come conseguenza dell'espansione termica degli oceani e dello scioglimento dei ghiacciai e delle banchise. Negli scenari più sfavorevoli il livello del mare potrebbe crescere fino a quasi un metro di altezza rispetto all'attuale livello mentre in quelli più favorevoli sarebbe contenuto entro 10-20 centimetri.
Negli scenari intermedi dei cambiamenti climatici, i modelli prevedono che il livello del mare salirà di circa 50 cm da qui al 2100.

Le incertezze scientifiche sono però ancora molte, ed esistono attualmente parecchi problemi, non solo scientifici, ma anche tecnologici, che limitano la nostra capacità di prevedere il clima futuro e di definire i futuri cambiamenti climatici.
Variazioni future inaspettate, consistenti e rapide del sistema climatico (come già altre volte è accaduto nel passato) sono possibili e per la loro stessa natura difficili da prevedere.

# 4 GLI EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

La salute umana, i sistemi ecologici terrestri ed acquatici, i sistemi socioeconomici sono tutti sensibili sia all'entità che alla velocità dei cambiamenti climatici.
È probabile che molte regioni subiranno conseguenze negative, anche irreversibili, dai cambiamenti climatici, ma è anche probabile che alcuni degli effetti siano positivi e benefici. Questo dipenderà molto dalla floridezza economica e dall'organizzazione istituzionale delle singole nazioni. Infatti, di norma, sono più vulnerabili i paesi in via di sviluppo, dove le condizioni economiche e gli assetti istituzionali sono meno favorevoli.

Le più rilevanti conseguenze dei cambiamenti climatici riguardano i sistemi naturali ed in particolare gli ecosistemi terrestri ed acquatici ed i sistemi antropici come l'agricoltura, le risorse idriche, l'ambiente marino-costiero, la salute umana.

## SUI SISTEMI NATURALI

Gli ecosistemi contengono tutto il patrimonio terrestre di biodiversità genetica e delle specie e costituiscono la fonte primaria della vita sulla terra e della sua evoluzione. Nei processi ambientali, gli ecosistemi giocano un ruolo fondamentale nel ciclo del carbonio, riciclano i rifiuti, depurano le acque, controllano le inondazioni, i fenomeni di degrado del suolo e i processi di erosione delle coste.

La composizione e la distribuzione geografica di molti ecosistemi (foreste, praterie, deserti, sistemi montani, laghi, zone umide, oceani, ecc.) tenderanno a trasformarsi a seconda di come le singole specie risponderanno ai cambiamenti climatici.
Nella fase di trasformazione e di adattamento, probabilmente si perderà molta della diversità biologica attualmente esistente. Alcuni ecosistemi potrebbero non raggiungere un nuovo equilibrio, se non parecchie centinaia di anni dopo lo stabilizzarsi del nuovo assetto climatico.

**Ecosistemi forestali:**
si ritiene probabile che una notevole frazione dell'attuale superficie forestale della Terra (un terzo come valore medio globale) subirebbe consistenti variazioni delle principali tipologie di vegetazione. Queste variazioni saranno più pronunciate alle alte latitudini e più blande nella fascia intertropicale. I sistemi forestali potranno subire cambiamenti nella composizione delle specie, e cioè potrebbero scomparire interi tipi di foresta ed insediarsi nuove associazioni di specie vegetali, e dunque nuovi ecosistemi.

**Ecosistemi montani e di alta quota:**
la vegetazione collinare e montana tenderebbe a spostarsi verso quote più elevate; alcune specie che non hanno possibilità di spostarsi più in alto, perché già in vetta alle montagne, potrebbero estinguersi a causa della scomparsa del loro habitat.

**Ecosistemi desertici della fascia subtropicale:**
tenderanno ad essere probabilmente più estremi; gli aumenti di temperatura potrebbero rappresentare una minaccia per organismi che vivono quasi al limite della tolleranza al calore. Si innescherebbero, invece, processi di desertificazione nelle zone temperate del pianeta dove attualmente sussistono condizioni di siccità ed il suolo è già in fase di degrado.

**Ecosistemi acquatici lacustri e fluviali:**
il riscaldamento del clima produrrebbe effetti sia alle alte latitudini, dove aumenterebbe la produttività biologica, sia alle basse latitudini, al confine degli ambienti di vita delle specie di acqua fredda, dove, invece, aumenterebbe l'estinzione delle specie.

**Ecosistemi marini:**
a causa della variazione del livello del mare, sono questi i sistemi che subirebbero maggiori conseguenze, soprattutto in termini di perdita della biodiversità. I rischi maggiori saranno corsi da quelli marino-costieri come le paludi salmastre, dagli ecosistemi a mangrovie, dalle zone umide costiere, delle spiagge sabbiose, dalle scogliere coralline, gli atolli, ed i delta fluviali.

## SULL'AGRICOLTURA

I cambiamenti climatici indurranno, con ogni probabilità, variazioni consistenti nelle rese agricole e nella produttività, modificando pertanto l'attuale quadro mondiale di produzione alimentare.
La produttività agricola dovrebbe aumentare in alcune aree, soprattutto alle alte latitudini, dove le condizioni climatiche sono attualmente sfavorevoli, e diminuire in altre, specialmente alle basse latitudini della fascia tropicale e subtropicale.

Tenuto conto della distribuzione mondiale dei Paesi ricchi e dei Paesi poveri, i cambiamenti climatici favorirebbero i primi per quello che riguarda la produzione agricola e agroalimentare. Gli studi finora condotti mostrano che, in totale, la produzione agricola mondiale potrebbe rimanere la stessa di quella attuale, nonostante i cambiamenti climatici previsti. A questa conclusione si è giunti però senza tener conto degli effetti derivanti eventuali da variazioni delle infestazioni di parassiti o di altre conseguenze negative sull'agricoltura collegate con i cambiamenti climatici, effetti estremamente difficili da valutare.

## SULLA SALUTE UMANA

Anche se prevedere le conseguenze sanitarie dei cambiamenti climatici è molto difficile, perché l'eventuale incremento delle affezioni indotte dal riscaldamento terrestre dipende da numerosi fattori, che coesistono ed interagiscono tra loro, molti studiosi concordano che i cambiamenti climatici potrebbero produrre effetti indiretti sulla salute umana.

In particolare è prevedibile un aumento della diffusione di malattie infettive trasmesse direttamente da microrganismi, insetti o altri ospiti intermedi (malaria, tenia, febbre gialla, alcuni encefaliti virali, ecc.), a causa di una maggiore distribuzione geografica e di migliori condizioni di sopravvivenza per questi organismi.
Secondo alcune valutazioni, la malaria si diffonderebbe anche nelle zone temperate delle medie latitudini con una incidenza maggiore del 10-15% per anno (circa 50-80 milioni di casi in più ogni anno).

Temperature elevate ed una maggiore frequenza di precipitazioni alluvionali potrebbero favorire anche la maggior diffusione di malattie infettive trasmesse per contagio come la salmonellosi, il colera ed altre.

## SULLA RISORSA ACQUA

Secondo le previsioni, una quantità compresa fra un terzo e la metà dell'attuale massa glaciale potrebbe scomparire nei prossimi cento anni. La riduzione dell'estensione dei ghiacciai e dello spessore della copertura nevosa influirebbe anche sulla distribuzione stagionale dei flussi idrici e quindi sulla disponibilità di acqua per gli usi civili, industriali, per la produzione idroelettrica e per l'agricoltura.

Poiché i cambiamenti climatici produrranno una accelerazione ed una intensificazione del ciclo globale dell'acqua, le conseguenze sulle risorse idriche regionali potrebbero essere assai rilevanti.
Variazioni della quantità totale, frequenza ed intensità delle precipitazioni influiranno direttamente sull'entità e sui tempi di deflusso delle acque pluviali, nonché sui fenomeni di siccità e sulle alluvioni. Paradossalmente ci sarebbe maggior quantità d'acqua nelle zone dove attualmente le risorse idriche sono già abbondanti e minor quantità d'acqua dove attualmente la carenza di risorse idriche è già un grave problema.

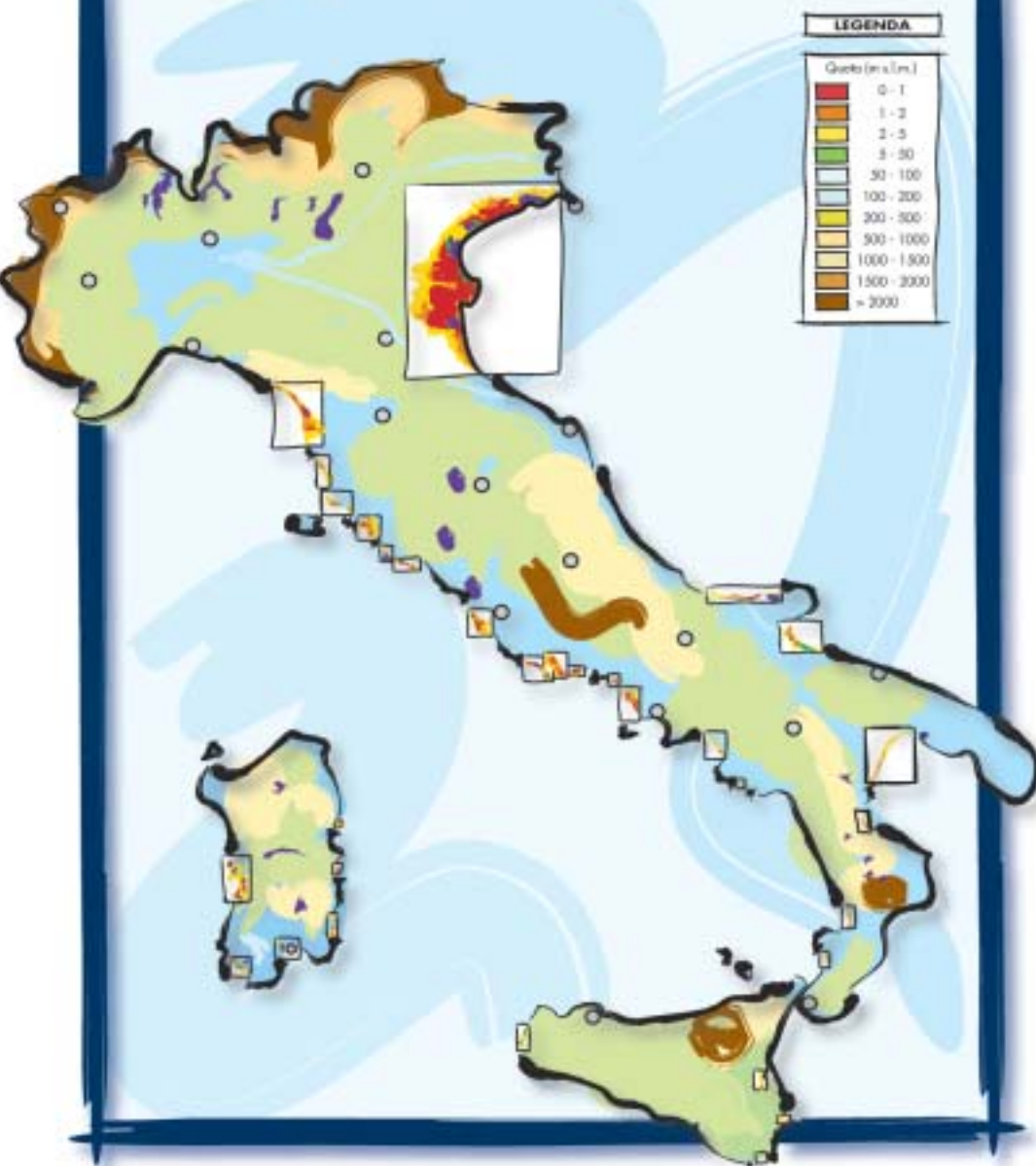
## SULLE ZONE COSTIERE

Poiché il livello medio del mare tenderà a crescere in conseguenza dei cambiamenti climatici, alcune popolazioni costiere potrebbero subire impatti particolarmente significativi a seguito delle inondazioni e delle perdite di territorio dovute all'erosione. Secondo le valutazioni esistenti, attualmente circa 46 milioni di persone corrono ogni anno il rischio di inondazioni.

Se non saranno avviate idonee azioni per adattarsi ai cambiamenti, già nella situazione demografica attuale, l'innalzamento medio previsto di 50 cm del livello del mare metterebbe a rischio circa 100 milioni di persone. Il rischio è particolarmente elevato per le piccole isole e per i delta fluviali e le perdite di territorio stimate oscillerebbero da 0,05% per l'Uruguay, 1% per l'Egitto e 6% per l'Olanda, fino al 17,5% per il Bangladesh e addirittura fino all'80% circa per l'atollo Majuro nelle Isole Marshall.



## IN ITALIA

Il Ministero dell'Ambiente in collaborazione con la Columbia University di New York e il Goddard Space Institute della Nasa ha elaborato gli scenari dei futuri impatti dei cambiamenti climatici nell'area mediterranea: l'innalzamento del livello del mare è uno degli effetti più critici e sensibili per l'Italia. Le stime più affidabili prevedono un aumento del livello del mare tra i 25/30 cm entro il 2050.
A questo aumento del livello del mare è legato il rischio di inondazione per almeno 4.500 $km^2$ di aree costiere e pianure. Venezia, in particolare, è considerata una delle aree urbane più esposte a tale rischio.
Questo fenomeno dovrebbe produrre effetti differenziati in quanto il territorio italiano è, dal punto di vista geologico, "giovane" e quindi ancora in movimento. Il Sud Italia, infatti, ha tendenza a sollevarsi, e quindi gli eventuali effetti dell'innalzamento del livello del mare sarebbero mitigati. Per quello che riguarda il Nord Italia, invece, vi è una tendenza opposta e quindi si avrebbero maggiori rischi di inondazione, in particolare per la Pianura Padano-Veneta, la Versilia e la pianura di Fondi e Pontina.

Altri effetti del cambiamento climatico per l’Italia riguardano l’aumento di temperatura e quindi il rischio di desertificazione per alcune zone del paese, e la diminuzione, già in atto, dell’estensione dei ghiacciai nazionali.



# 5 COSA SI FA A LIVELLO MONDIALE E NAZIONALE

## LA CONVENZIONE QUADRO, IL PROTOCOLLO DI KYOTO, LA COOPERAZIONE INTERNAZIONALE

Nel giugno 1992 a Rio de Janeiro, nel corso della Conferenza Mondiale sull’Ambiente e lo Sviluppo, i paesi aderenti alle Nazioni Unite hanno sottoscritto diversi documenti relativi ad impegni finalizzati allo “Sviluppo Sostenibile” e tra questi la “Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici”. Firmando questa convenzione gli stati si sono impegnati ad adottare programmi e misure finalizzate alla prevenzione, controllo e mitigazione degli effetti delle attività umane sul pianeta.
In particolare, l’obiettivo della Convenzione è quello di (art. 2) **“stabilizzare le concentrazioni nell’atmosfera dei gas ad effetto serra ad un livello tale da impedire pericolose interferenze di origine umana con il sistema climatico”.**
Nella Convenzione Quadro è stato istituito un organo definito “Conferenza delle Parti (COP)”, al quale viene demandato il compito fondamentale di dare attuazione agli impegni generali contenuti nella Convenzione stessa.
Nel dicembre 1997, a Kyoto, è stato concordato un Protocollo attuativo della Convenzione che impegna i Paesi industrializzati e quelli in economia di transizione (i Paesi dell’est europeo), responsabili di oltre il 70% delle emissioni mondiali di gas serra, a ridurre complessivamente, del 5,2% rispetto ai livelli del 1990, le emissioni entro il 2012.
La riduzione complessiva 5,2% viene ripartita in maniera diversa: per i Paesi dell’Unione Europea nel loro insieme, la riduzione deve essere dell’8%, per gli Stati Uniti dell’7% e per il Giappone del 6%. Nessuna riduzione, ma la stabilizzazione è prevista per la Russia, la Nuova Zelanda e l’Ucraina.
Il Protocollo consente invece di aumentare le loro emissioni fino all’1% alla Norvegia, all’Austria fino all’8% e all’Islanda fino al 10%.
Non sono previste limitazioni alle emissioni di gas ad effetto serra per i Paesi in via di sviluppo, perché tale limite rallenterebbe o comunque condizionerebbe il loro sviluppo. Le limitazioni alle emissioni, infatti, si ripercuoterebbero sulla produzione e sui consumi di energia, sull’agricoltura, sull’industria comportando costi aggiuntivi che i Paesi in via di sviluppo non sono in grado di sostenere.

Il Protocollo indica inoltre le politiche e le misure che dovranno essere adottate per la riduzione delle emissioni:

- Promozione dell’efficienza energetica;
- Sviluppo delle fonti rinnovabili di energia e delle tecnologie innovative per la riduzione delle emissioni;
- Protezione ed estensione delle foreste per incrementare la capacità del pianeta di assorbire l’anidride carbonica;
- Promozione dell’agricoltura sostenibile;
- Limitazione e riduzione della produzione di metano nelle discariche di rifiuti e in altri settori energetici;
- Misure fiscali appropriate per disincentivare le emissioni di gas serra.

Il Protocollo di Kyoto prevede che le misure nazionali siano integrate da strumenti di cooperazione tra paesi in modo da ottenere il massimo risultato di riduzione con il minimo costo.
Gli strumenti di cooperazione tra paesi vengono chiamati “meccanismi flessibili”:

- **Joint implementation,** per la realizzazione, tra paesi industrializzati, di programmi comuni in qualsiasi settore dell’economia, finalizzati alla riduzione delle emissioni mediante la diffusione e l’impiego di tecnologie più efficienti, con accreditamento ad entrambe le parti dei risultati ottenuti;
- **Clean Development Mechanism,** per la realizzazione di programmi finalizzati a progetti di sviluppo sostenibile nei paesi in via di sviluppo, che prevedano anche industrializzazione ad alta efficienza tecnologica e energetica, attuati dai paesi industrializzati in cambio di quote certificate di riduzione delle emissioni;
- **Emission Trading,** che permette ad ogni Paese, nell’esecuzione dei propri obblighi, di trasferire i propri diritti di emissione o acquisire i diritti di emissione di un altro Paese.

Non tutti questi meccanismi sono ancora operativi e le prossime “Conferenze delle Parti” dovranno definire le linee-guida, i regolamenti, le modalità di accesso e di utilizzazione necessari ad un corretto utilizzo di tali strumenti. Il protocollo di Kyoto, nonostante siano trascorsi diversi anni dalla sua stesura, non è ancora stato ratificato da tutti gli stati che lo proposero, ma ha già prodotto rilevanti conseguenze economiche ed organizzative in particolare nel settore energetico.

## LE MISURE NAZIONALI DI RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DI GAS SERRA

Con la delibera del CIPE (Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica) del 19/11/1998 l’Italia ha adottato le “Linee Guida per le politiche e le misure nazionali di riduzione delle emissioni dei gas serra” che individuano gli obiettivi e le misure settoriali per la riduzione entro il 2008-2012 e rispetto ai livelli del 1990, del 6% delle emissioni.

Le “Linee Guida” prevedono la realizzazione di sei azioni nazionali:

**AZIONE 1:** aumento dell’efficienza nelle centrali termoelettriche;
**AZIONE 2:** riduzione dei consumi energetici nel settore dei trasporti;
**AZIONE 3:** produzione di energia da fonti rinnovabili;
**AZIONE 4:** riduzione dei consumi energetici nei settori abitativo/terziario ed industriale;
**AZIONE 5:** riduzione delle emissioni nei settori non energetici;
**AZIONE 6:** assorbimento delle emissioni di carbonio da parte delle foreste.

Sono inoltre previsti programmi di riduzione delle emissioni da promuovere nell’ambito dei meccanismi di “Joint Implementation” e “Clean Development Mechanism”, che dovranno coprire circa il 25-30% dell’impegno di riduzione nazionale previsto nel Protocollo di Kyoto.
Infine è stato approvato il Programma Nazionale di Ricerca sul clima con la finalità di coordinare e sviluppare le iniziative di ricerca in collegamento con gli organismi di ricerca internazionali.



# 6 LA RICERCA E LE NUOVE TECNOLOGIE

La protezione dell’ambiente globale richiede l’adozione di nuove tecnologie in grado di ridurre le emissioni di gas serra, in particolare nella produzione di energia.
È questo, infatti, il settore dal quale dipende oltre il 90% delle emissioni di $CO_2$. L’obiettivo è quello di ridurre il consumo di combustibili fossili o, in alternativa, utilizzare fonti di energia pulite ovvero “emission free”.
Purtroppo anche in Italia, come nella maggior parte degli altri Paesi industrializzati, si è assistito ad una riduzione degli stanziamenti per la ricerca energetica sia nel settore pubblico sia in quello privato.
In Italia le spese per la ricerca rappresentano l’1% del PIL, percentuale tra le più basse dei Paese industrializzati: ogni cittadino italiano spende 200 dollari all’anno per le attività di ricerca contro i 500 dollari di un tedesco e i 700 dollari di un americano. Ciò nonostante, grandi passi avanti sono stati fatti e si può ragionevolmente contare che, in futuro, una significativa quota di combustibili fossili potrà essere sostituita con lo sfruttamento delle energie rinnovabili e con l’idrogeno.

## LE FONTI DI ENERGIA RINNOVABILI

Le fonti “rinnovabili” di energia sono quelle fonti che, a differenza dei combustibili fossili e nucleari destinati ad esaurirsi in un tempo definito, possono considerarsi inesauribili. Le fonti rinnovabili possiedono due caratteristiche fondamentali, che rendono auspicabile un loro maggior impiego: la prima consiste nel fatto che esse rinnovano la loro disponibilità in tempi brevi; l’altra è che, a differenza dei combustibili fossili, il loro utilizzo produce un inquinamento ambientale del tutto trascurabile.
Esistono comunque alcuni limiti che ne ostacolano il pieno impiego.
Le fonti rinnovabili forniscono energia in modo intermittente. Questo significa che il loro utilizzo può contribuire a ridurre i consumi di combustibile nelle centrali convenzionali, ma non può sostituirle completamente. Inoltre, per produrre quantità significative di energia, spesso è necessario impegnare rilevanti estensioni di territorio.

Sono fonti rinnovabili di energia:

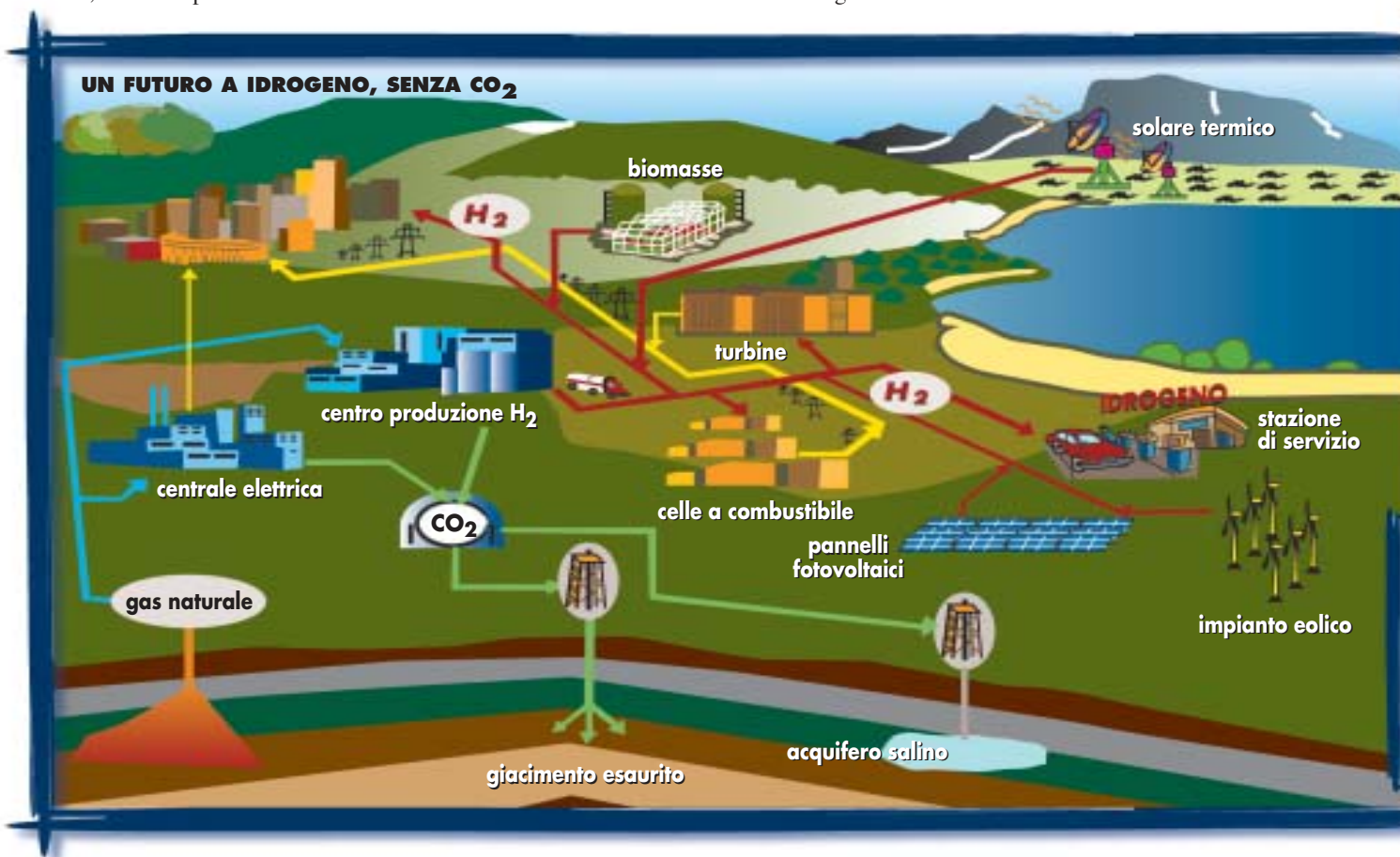
- **Energia solare fotovoltaica:** produzione di energia elettrica direttamente dalla radiazione solare attraverso l’utilizzo di materiali “semiconduttori”;
- **Energia solare termica:** produzione di acqua o aria calda attraverso sistemi che utilizzano il calore del sole, può essere utilizzata in piccoli impianti per usi domestici, oppure concentrata attraverso specchi in grandi centrali per produrre elettricità
- **Energia eolica:** conversione dell’energia del vento in energia meccanica attraverso l’utilizzo di aerogeneratori;
- **Energia da biomasse:** energia derivante da processi di combustione di materiale organico; ad esempio biocarburanti derivati da prodotti agricoli (colza, mais, ecc.) che consentono un abbattimento significativo delle emissioni inquinanti e di anidride carbonica;
- **Energia geotermica:** energia proveniente dalla struttura terrestre, sfruttata per la produzione di energia elettrica;

- **Energia dal mare:** produzione di energia mediante lo sfruttamento del moto ondoso, delle maree, delle correnti e dei gradienti termici;
- **Energia idroelettrica:** l'energia cinetica dell'acqua viene trasformata in energia meccanica da una turbina idraulica accoppiata ad un generatore elettrico.

## L'IDROGENO

L'idrogeno non può essere considerato una fonte primaria di energia in quanto non esistono giacimenti di idrogeno, ma è un "vettore energetico", ovvero è un buon sistema per accumulare o trasportare energia.

L'idrogeno è un vettore ideale per un sistema energetico "sostenibile", in quanto:

- Può essere prodotto da una pluralità di fonti, sia fossili che rinnovabili, tra loro intercambiabili e disponibili su larga scala per le generazioni future;
- Può essere impiegato per applicazioni diversificate, dal trasporto alla generazione di energia elettrica, con un impatto ambientale nullo o estremamente ridotto sia a livello locale che globale.





Accanto ai vantaggi, l'introduzione dell'idrogeno presenta ancora numerosi problemi connessi allo sviluppo delle tecnologie necessarie per rendere il suo impiego economico ed affidabile. Lo sviluppo di tali tecnologie è oggi al centro dei programmi di ricerca di numerosi paesi.
Uno dei problemi più critici è sicuramente quello della produzione; in prospettiva l'idrogeno si potrà ottenere dall'acqua a emissioni zero utilizzando le energie rinnovabili; oggi la soluzione più vicina è rappresentata dai combustibili fossili (estrazione dell'idrogeno a partire da carbone, petrolio e gas naturale tramite il "reforming") ma il problema da risolvere, in questo caso, è quello della separazione e del sequestro della $CO_2$ prodotta insieme all'idrogeno.

L'idrogeno può essere utilizzato:

**Nei motori a combustione interna.** L'idrogeno è un eccellente combustibile e può essere bruciato in un normale motore a combustione interna come accade in alcuni modelli di auto già commercializzati. I rendimenti sono elevati e le emissioni si riducono a vapore acqueo e pochissimi ossidi di azoto ($NO_x$).

**Nelle celle a combustibile** che sono sistemi elettrochimici capaci di convertire l'energia chimica di un combustibile direttamente in energia elettrica con un rendimento nettamente superiore a quello degli impianti convenzionali e senza emissioni di $CO_2$. Le celle a combustibile sono una soluzione già adottata da molte case automobilistiche per la costruzione di prototipi elettrici alimentati ad idrogeno. Un'automobile a celle a combustibile produce a bordo l'elettricità necessaria al suo funzionamento, senza emissioni nocive.

**Nelle centrali termoelettriche a idrogeno.** I programmi di ricerca e lo sviluppo della tecnologia consentiranno di costruire impianti che utilizzeranno l'idrogeno per la generazione centralizzata di energia elettrica.
Questi impianti, abbinati ad un sistema di separazione e confinamento della $CO_2$, ad esempio in giacimenti esauriti di petrolio o metano, permetteranno la produzione di elettricità con un alto rendimento e senza rilascio di anidride carbonica.

**Ma come sarà il futuro a idrogeno?**
L'idrogeno verrà prodotto da fonti rinnovabili oppure dai combustibili fossili.
In questo secondo caso la $CO_2$ prodotta verrà confinata in giacimenti esausti o in acquiferi salini.
L'idrogeno verrà utilizzato come combustibile per la generazione elettrica in celle a combustibile e per alimentare i nostri mezzi di trasporto.

# 7 COSA SI PUÒ FARE?

Ma quali sono le azioni che individualmente e collettivamente dobbiamo intraprendere per arrivare, se non ad una riduzione delle emissioni di $CO_2$, almeno ad una stabilizzazione della concentrazione di questo gas in atmosfera?

## IN CASA

Le famiglie italiane sono responsabili annualmente, di più del 30% dei consumi energetici totali. Le famiglie producono quindi circa il 27% delle emissioni nazionali di gas serra, di queste il 18% per usi negli edifici e il 9% per usi di trasporto.
È quindi modificando il proprio stile di vita e utilizzando in modo corretto e sostenibile le risorse energetiche e ambientali, senza sacrifici e senza rinunciare ai confort, che si può contribuire al raggiungimento degli impegni nazionali per la riduzione delle emissioni di gas serra.

Il riscaldamento è dopo il traffico la maggior causa di inquinamento delle città italiane. Ogni famiglia italiana spende ogni anno quasi un milione e mezzo per riscaldarsi. Per contenere i consumi di energia negli impianti molte sono le indicazioni da seguire, e tra queste:

- Mantenere la temperatura del termostato durante il giorno a 20°C e durante la notte a 16°C;
- Isolare le tubazioni che dalla caldaia portano ai radiatori;
- Far pulire la canna fumaria ogni 4/5 anni;
- Far effettuare la manutenzione della caldaia una volta all'anno e periodicamente far effettuare il controllo e l'analisi dei fumi di scarico;
- Installare valvole termostatiche per regolare la temperatura dei singoli radiatori.

Il consumo degli elettrodomestici in Italia assorbe, insieme con l'illuminazione, il 23% dei consumi elettrici nazionali.
Per contenere i consumi di energia per l'illuminazione:

- Illuminare correttamente un ambiente e quindi non aumentare la potenza delle lampadine ma scegliere il tipo di lampada giusta e la posizione più opportuna;
- Utilizzare, dove possibile, le lampade a basso consumo energetico; le lampade che si trovano in commercio sono essenzialmente di due tipi: a incandescenza e a scarica elettrica in gas. Le prime, le comuni lampadine, sia normali che alogene, sono molto economiche al momento dell'acquisto, ma più costose per quello che riguarda i consumi. Le lampade a scarica elettrica in gas, dette lampade ad alta efficienza, hanno prezzi iniziali elevati ma consentono di ridurre fortemente i consumi di energia elettrica di circa il 70% rispetto alle lampade ad incandescenza.

Gli elettrodomestici ormai sono presenti nelle case degli italiani in grande quantità: frigoriferi, televisori, videoregistratori, radio, ecc. sono strumenti dei quali non siamo più in grado di fare a meno.
È però possibile utilizzarli in modo più efficiente in modo da ridurre i consumi di energia e quindi anche l'emissione di gas serra.

- Preferire i modelli di più recente produzione, controllando, dove già presente, "l'etichetta energetica": l'adesivo colorato che si trova su alcuni elettrodomestici e che permette di conoscere le caratteristiche e i consumi di ciascun modello e di valutarne i costi di esercizio.
Sull'etichetta sono riportate le classi di efficienza energetica e si evidenzia a quale classe appartiene l'elettrodomestico in esame. Sono infatti presenti una serie di frecce di diverso colore e di lunghezza crescente, ad ogni freccia è associata una lettera dell'alfabeto dalla A alla G. La lunghezza delle frecce è legata ai consumi: a parità di prestazioni, gli apparecchi con consumi più bassi hanno la freccia più corta, quelli con consumi più alti hanno la freccia più lunga.

## NEI TRASPORTI

L'attuale sistema di mobilità, basato sulla gomma e sul trasporto individuale di persone e merci, è responsabile di circa il 23% delle emissioni nazionali di gas serra.
Per ridurre i consumi energetici e l'impatto inquinante del settore trasporti si può intervenire in diversi modi:

- **Aumentando l'efficienza dei veicoli;**
- **Sviluppando i trasporti intermodali** in cui i vari sistemi di trasporto si integrano l'uno con l'altro in modo fluido per fornire servizi porta a porta;
- **Incentivando il trasporto pubblico,** rendendo la rete dei trasporti pubblici competitiva rispetto all'utilizzo del mezzo privato;
- **Promuovendo l'uso multiplo delle auto** con il pagamento di una quota proporzionale al tempo d'uso e ai chilometri percorsi (taxi collettivi, car sharing, car pooling).

## L'INDUSTRIA

Dai processi industriali deriva il 19% delle emissioni di $CO_2$. L'industria nel suo complesso ha già ridotto in maniera significativa le emissioni, sia di origine energetica che di processo. tuttavia c'è ancora molto spazio per una riduzione dei consumi di energia:

- Modificare o sostituire gli impianti più energivori, ad esempio con la cogenerazione e con il recupero di calore;
- Riciclare i rifiuti;
- Ottimizzare i processi mediante un maggior ricorso al monitoraggio, al controllo, alla lavorazione in linea e a una maggiore diffusione di tecnologie avanzate, come le pompe di calore, i motori ad alto rendimento.

***Per maggiori informazioni:***

***Siti web:*** *ENEA, Ente per le Nuove Tecnologie e l'Ambiente:* ***www.enea.it*** • ***IPCC,*** *International Panel on Climate Change:* ***www.ipcc.ch*** • ***UNFCCC,*** *United Nation Framework Convention on Climate Change:* ***www.unfccc.de*** • ***Greenpeace: www.greenpeace.org*** • ***Club di Kyoto: www.kyotoclub.it***

***Testi:*** ***"Il cambiamento climatico",*** *Alessandro Lanza, Il Mulino* • ***"Il clima",*** *Antonio Navarra e Andrea Pinchera, La Terza* • ***"L'incertezza del clima",*** *Robert Kandal, Einaudi* • ***"Fattore 4. Come ridurre l'impatto ambientale moltiplicando per quattro l'efficienza della produzione",*** *Weizsacker Ernst U. von, Lovins Amory B., Hunter Lovins L., Edizioni Ambiente* • ***"Clima rovente",*** *Ross Gelspan, Baldini e Castaldi*

**L'ENEA** pubblica altri opuscoli sulle scelte più convenienti che tutti noi possiamo adottare per risparmiare energia e proteggere l'ambiente.

**P**otete richiedere gratuitamente gli opuscoli che vi interessano a:

**ENEA C.P. 2400 Roma**

## Ricerca e Innovazione per lo Sviluppo Sostenibile del Paese

L'ENEA è un ente di diritto pubblico operante nei campi della ricerca e dell'innovazione per lo sviluppo sostenibile, finalizzata a promuovere insieme gli obiettivi di sviluppo, competitività e occupazione e quello della salvaguardia ambientale. Svolge altresì funzioni di agenzia per le pubbliche amministrazioni mediante la prestazione di servizi avanzati nei settori dell'energia, dell'ambiente e dell'innovazione tecnologica.
In particolare l'Ente:

- svolge, sviluppa, valorizza e promuove la ricerca in tema di energia, ambiente e innovazione tecnologica nel quadro dei programmi di ricerca nazionali, dell'Unione Europea e di altre organizzazioni internazionali;
- sostiene e favorisce i processi di innovazione e di trasferimento tecnologico al sistema produttivo e alle pubbliche amministrazioni;
- fornisce supporto tecnico specialistico ed organizzativo alle amministrazioni, alle regioni e agli enti locali, nell'ambito di accordi di programma con i Ministeri dell'Industria, dell'Ambiente e dell'Università e della Ricerca Scientifica e con altre amministrazioni pubbliche.

L'Ente ha circa **3.600 dipendenti** che operano in Centri di Ricerca distribuiti su tutto il territorio nazionale. Nelle diverse regioni sono anche presenti **13 Centri di Consulenza Energetica Integrata** per la promozione e la diffusione degli usi efficienti dell'energia nei settori industriale, civile e dei trasporti.

## C.C.E.I. Centri di Consulenza Energetica Integrata

**Veneto** - C.C.E.I. ENEA - Calle delle Ostreghe, 2434 - C.P. 703 - 30124 VENEZIA - Tel. 0415226887 - Fax 0415209100 - **Liguria** - C.C.E.I. ENEA - Via Serra, 6 - 16122 GENOVA - Tel. 010567141 - Fax 010567148 - **Toscana** - C.C.E.I. ENEA - Via Ponte alle Mosse, 61 - 50144 FIRENZE - Tel. 0553241227 - Fax 055350491 - **Marche** - C.C.E.I. ENEA - V.le della Vittoria, 52 - 60123 ANCONA - Tel. 07132773 - Fax 07133264 **Umbria** - C.C.E.I. ENEA - Via Angeloni, 49 - 06100 PERUGIA - Tel. 0755000043 Fax 0755006389 - **Lazio** - ENEA Divisione PROM C.R. Casaccia - Via Anguillarese, 301 00060 ROMA - Tel. 0630483245 - Fax 0630483930 - **Abruzzo** - C.C.E.I. ENEA - Via N. Fabrizi, 215/15 - 65122 PESCARA - Tel. 0854216332 - Fax 0854216362 - **Molise** C.C.E.I. ENEA - Via Mazzini, 84 - 86100 CAMPOBASSO - Tel. 0874481072 - Fax 087464607 - **Campania** - C.C.E.I. ENEA - Via della Costituzione Isola A/3 - 80143 NAPOLI - Tel. 081691111 - Fax 0815625232 - **Puglia** - C.C.E.I. ENEA - Via Roberto da Bari, 119 - 70122 BARI - Tel. 0805248213 - Fax 0805213898 - **Basilicata** - C.C.E.I. ENEA - C/o SEREA - Via D. Di Giura, s.n.c. - 85100 POTENZA - Tel. 097146088 - Fax 097146090 - **Calabria** - C.C.E.I. ENEA - Via Argine Destra Annunziata, 87 - 89100 REGGIO CALABRIA - Tel. 096545028 - Fax 096545104 - **Sicilia** - C.C.E.I. ENEA - Via Catania, 2 - 90143 PALERMO - Tel. 0917824120 - Fax 091300703

ENEA